COSMOS

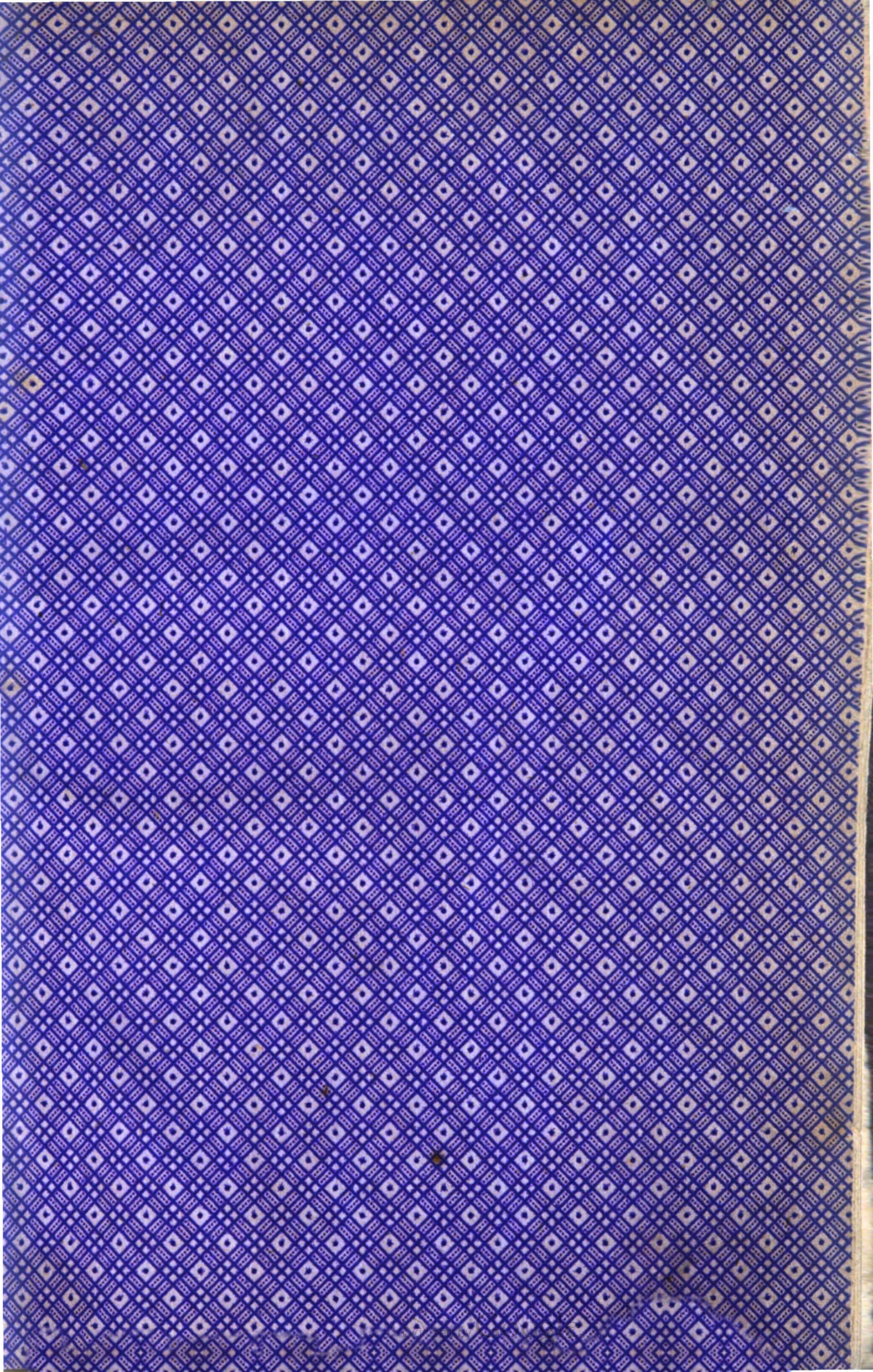
ENSAYO DE UNA

DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL MUNDO

POR

ALEJANDRO DE HUMBOLDT

TOMO I



COSMOS.



OBRAS DE ALEJANDRO DE HUMBOLDT.

COSMOS

ENSAYO DE UNA

DESCRIPCION FISICA DEL MUNDO

POR

ALEJANDRO DE HUMBOLDT.

VERTIDO AL CASTELLANO

POR

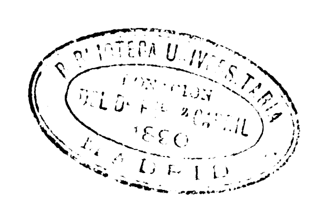
BERNARDO GINER

Y

JOSE DE FUENTES.

> «Naturæ vero rerum vis atque majestas in omnibus momentis fide caret, si quis modo partes ejus ac non totam complectat animo.»
>
> Plinio l. VII. c. 1.

TOMO I.



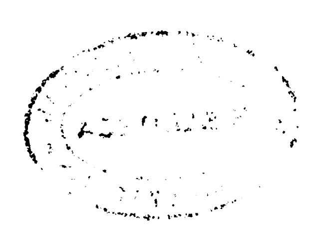
MADRID

IMPRENTA DE GASPAR Y ROIG, EDITORES

CALLE DEL PRINCIPE, NUM. 4.

1874





ADVERTENCIA

DE LOS EDITORES.

Háse despertado entre nosotros desde algun tiempo, la aficion á leer obras científicas: movimiento de la opinion digno de ser notado, si se tiene en cuenta el perpétuo desasosiego en que vivimos há muchos años.

Buena prueba de que esa corriente de progreso ha penetrado al cabo en nuestro pais, son la multitud de libros que se publican para esponer las diferentes ramas de la ciencia, ya originales de nuestros escritores patrios, ó bien traducidos de los de otros pueblos mas adelantados.

Una edicion española del *Cosmos*, monumento inmortal de Alejandro de Humboldt, reputado entre los mas ilustres sabios de nuestro siglo, ha de hallar necesariamente favorable acogida. La importancia que universalmente se atribuye al *Cosmos*, resúmen, por decirlo así, de los grandes adelantos que las ciencias naturales esperimentaron en su tiempo, y que en gran parte se deben á las investigaciones de aquel hombre insigne, nos garantiza de antemano el éxito de la publicacion.

Es el *Cosmos* libro que igualmente aprovecha á los que hacen su profesion de la ciencia, como á aque-

llos que estudian sin otro propósito en general que el de instruirse.

Y si al mérito positivo de la obra de Humboldt, agregamos las condiciones de nuestra edicion, que es elegante y económica relativamente, y las de la traduccion, fiel y esmerada, y al alcance de todas las inteligencias por la sencillez de su estilo, debe esperarse que nuestros sacrificios no han de ser estériles y que el magnífico libro que ofrecemos hoy al público se verá bien recibido.

Si estas aspiraciones se realizan, nos daremos el parabien por haber acertado á satisfacer una exigencia de la opinion ilustrada, animándonos con este estímulo á ir editando sucesivamente las restantes obras, no menos bellas que la presente, del sabio aleman de fama tan universal.

GASPAR Y ROIG.

PREFACIO

DE

ALEJANDRO DE HUMBOLDT (1).

Próxima á su fin mi existencia, ofrezco á mis compatriotas una obra que ocupa mi pensamiento hace ya medio siglo; héla abandonado en diferentes ocasiones, dudando de que empresa tan temeraria logrira al cabo realizarse; pero otras tantas, quizás imprudentemente, he vuelto á proseguirla, persistiendo así en mi propósito primero. Doy al público el *Cosmos*, con la natural timidez que me inspira la justa desconfianza de mis fuerzas, y procurando olvidar que aquellas obras por mucho tiempo esperadas, son las que con menor benevolencia se reciben generalmente.

Las vicisitudes de mi vida y el ardiente deseo de instruirme en muy diferentes materias, me obligaron á ocuparme durante muchos años, y esclusivamente en apariencia, en el estudio de ciencias especiales, como la botánica, la geología, la química, la astronomía y el magnetismo terrestre. Preparacion necesaria era esta, si habian de emprenderse con utilidad lejanos viajes; pero tambien tales trabajos tenian otro objeto más elevado: el de comprender el mundo de los fenómenos y de las formas físicas en su conexion y mútua influencia. Desde mi primera edad he tenido la suerte de escuchar los benévolos consejos de hombres superiores, convenciéndome desde luego de que si no se poseen

(1) Las unidades de medida de que en esta obra se hace uso son las del sistema métrico, legal y vigente en España; y las indicaciones termométricas, se refieren á la escala centígrada. (*N. de los T.*)

sólidos conocimientos relativamente á las diversas partes de las ciencias naturales, la contemplacion de la Naturaleza en mas estensos horizontes, como el intento de comprender las leyes porque se rige la física del mundo, solo vana y quimérica empresa serian.

Los conocimientos especiales se asimilan y fecundan mútuamente por el mismo enlace de las cosas. Cuando la botánica descriptiva, por ejemplo, no se circunscribe á los estrechos límites del estudio de las formas y su reunion en géneros y especies, lleva al observador que recorre bajo diferentes climas, vastas estensiones continentales, montañas y mesetas, á las fundamentales nociones de la *Geografía de las plantas*, á la esposicion de la distribucion de los vejetales, segun la distancia del Ecuador y su elevacion sobre el nivel de los mares. Ahora bien; para comprender las complicadas causas de las leyes que regulan esta distribucion, preciso es penetrar en el estudio profundo de los cambios de temperatura del radiante suelo y del Océano aéreo de que nuestro globo se halla envuelto. De este modo es como el naturalista ávido de saber se vé conducido de una esfera de fenómenos dada á otra segunda que limita los efectos de aquella. La Geografía de las plantas, cuyo nombre era casi desconocido há medio siglo, nos ofreceria una árida nomenclatura, desprovista de interés, si no recibiese poderoso auxilio de los estudios meteorológicos.

La mayor parte de los viajeros que han verificado espediciones científicas, se limitaron á visitar costas, y así necesariamente tiene que suceder en los viajes alrededor del mundo; yo he disfrutado de la ventaja de haber recorrido espacios considerables en el interior de dos grandes continentes, y en regiones en que presentan los mas fuertes contrastes, como son: el paisage tropical y alpino de Méjico ó de la América del Sur, y el paisaje de las estepas del Asia boreal. Empresas de esta clase debian, dada la tendencia á generalizar las ideas que hay en mi espíritu, vivificar mi ardimiento, y escitarme á reunir en una obra especial, los fenómenos terrestres y los que se efectuan en los espacios celestes. La *descripcion física de la Tierra*, poco determinada hasta entonces como ciencia, se convirtió, segun este pensa-

miento, que se estendia á todas las cosas creadas, en una *descripcion física del Mundo.*

Grandes dificultades presenta la composicion de una obra semejante, si ha de reunir al valor científico, el mérito de la forma literaria. Trátase de llevar el órden y la luz á la riqueza inmensa de materiales que se ofrecen al pensamiento, sin despojar á los cuadros de la Naturaleza del soplo que los anima; porque si nos limitáramos á esponer resultados generales, incurriríamos en una gran aridez y monotonía, parecida á la que resultaria de enumerar multitud de hechos particulares. No me atrevo á lisonjearme de haber satisfecho condiciones tan difíciles de llenar, y evitado escollos cuya existencia únicament e puedo yo señalar.

La débil esperanza que tengo de obtener la indulgencia del público descansa en el interés que ha manifestado hace tantos años, por una obra publicada poco despu es de mi vuelta de Méjico y los Estados-Unidos, con el título de *Cuadros de la Naturaleza.* Este libro, escrito primitivamente en aleman, y traducido al francés, con raro conocimiento de ambos idiomas, trata bajo puntos de vista generales, de algunas ramas de la geografía física, tales como la fisonomía de los vegetales, de las sábanas y de los desiertos, y el aspecto de las cataratas. Si ha sido de alguna utilidad, débese menos á los conocimientos que en él han podido encontrarse, que á la influencia que ha ejercido en el ánimo y la imaginacion de una juventud ávida de saber y pronta á lanzarse á lejanas empresas. He procurado hacer ver en el *Cosmos*, lo mismo que en los *Cuadros de la Naturaleza,* que la exacta y precisa descripcion de los fenómenos no es absolutamente inconciliable con la pintura viva y animada de las imponentes escenas de la creacion.

Esponer en cursos ó lecciones públicas las ideas que se creen nuevas, me pareció siempre el medio mejor de darlas la posible claridad; por esto intenté este ensayo en dos lenguas diferentes, en París y en Berlin. No conozco los cuadernos que oyentes entendidos formaron entonces, prefiriendo no consultarlos; porque la redaccion de un libro impone bien diversas obligaciones de las que lleva consigo la esposicion oral de un curso

público. A escepcion de algunos fragmentos de la Introduccion, todo el *Cosmos* ha sido escrito en los años de 1843 y 1844; debiendo advertir, que el curso que dí en Berlin, y que se compone de sesenta lecciones, es anterior á mi espedicion al Norte del Asia.

El primer tomo de esta obra contiene un cuadro de la Naturaleza, que abarca el conjunto de los fenómenos del Universo, desde las nebulosas planetarias hasta la geografía de las plantas y los animales, terminando por las razas humanas. Este cuadro va precedido de algunas consideraciones sobre los diferentes grados de goce que ofrecen el estudio de la naturaleza y el conocimiento de sus leyes, y una discusion razonada sobre los límites de la ciencia del Cosmos, y el método segun el cual intento esponerla. Todo lo que respecta al detalle de las observaciones particulares, y á los recuerdos de la antigüedad clásica, eterna fuente de instruccion y de vida, está reunido en notas colocadas al final de cada tomo.

Es observacion muy frecuente y al parecer poco consoladora, la de que cuanto no tiene sus raíces en las profundidades del pensamiento, del sentimiento y de la imaginacion creadora, cuanto depende de los progresos de la esperiencia, de las revoluciones que la creciente perfeccion de los instrumentos y la esfera mas estensa cada dia de la observacion hacen esperimentar á las teorías físicas, pronto envegece. Las obras de ciencias naturales llevan pues en sí mismas un gérmen de destruccion, de tal suerte que en menos de un cuarto de siglo se ven condenadas al olvido por la rápida marcha de los descubrimientos, é ilegibles para aquellos que se encuentran á la altura de los progresos del tiempo. Sin negar la exactitud de estas reflexiones, pienso no obstante que aquellos á quienes el prolongado é íntimo contacto con la naturaleza penetró del sentimiento de su grandeza, y que en este saludable comercio fortificaron á la vez su carácter y su espíritu, no pueden afligirse de que cada dia sea mas y mas conocida, y se estienda incesantemente el horizonte de las ideas como el de los hechos. En el estado actual de nuestros conocimientos partes muy importantes de la física del mundo están ya cimentados sobre sólidos fundamentos. Un libro en que se pre-

tende reunir todo lo que en una época dada se ha descubierto en los espacios celestes, en la superficie del globo, y á la débil distancia en que nos está permitido leer en sus profundidades, puede, si no me engaño, ofrecer aun algun interés, cualquiera que sean los progresos futuros de la ciencia, con tal que logre retratar vivamente una parte siquiera de lo que el espíritu humano apercibe como general, constante y eterno, entre las aparentes fluctuaciones de los fenómenos del Universo.

APUNTES BIOGRAFICOS

DE HUMBOLDT.

No pretendemos escribir una biografía propiamente dicha del ilustre sabio aleman, autor del *Cosmos*, empresa de suyo árdua y difícil; porque para seguir paso á paso el camino que Humboldt recorriera durante su vida, y detallar sus triunfos, y examinar sus trabajos, fuera preciso mas espacio del que podemos disponer, y entrar en la historia de las ciencias naturales, tan adelantadas en periodo tan breve, merced, muy principalmente, á las investigaciones de este grande hombre.

Ya que asi no sea, al menos reseñaremos lijeramente los puntos mas culminantes de tan gloriosa existencia, cumpliendo de este modo con el respeto que á la memoria del autor del *Cosmos* se debe, y con la obligacion de darlo á conocer á los lectores de su obra inmortal.

Nació Alejandro de Humboldt, baron de Humboldt, en Berlin, el dia 14 de Setiembre de 1769. Su padre, mayor del ejército prusiano y chambelan del rey, casó con Mme. Colomb, viuda del baron de Holwede. De estas segundas nupcias nacieron, el ilustre sabio de quien tratamos, y Guillermo, de alguna mas edad que Alejandro, muy estimado como lingüista y filósofo, y que ocupó puestos diplomáticos de importancia en su país. Una intimidad inalterable ligó durante su vida á los dos hermanos, que juntos pasaron sus primeros años en Tegel, posesion de recreo de la familia, cerca de la capital.

Uno de los maestros que cuidó de su educacion en la infancia fue Campe, autor del Nuevo Robinson, libro tan conocido como bello. Despues continuó Kunth la enseñanza hasta la salida de los hermanos para las Universidades.

En 1783, fueron á Berlin donde recibieron las lecciones de varios hombres ilustres, hasta que en 1786 pasaron á la Universidad de Francfort, y de allí á Gottinga, cuna por entonces de los mas distinguidos sábios. Blumenbach, Eichhorn y Heyne, enseñaban en aquella casa, y de todas partes venia la juventud mas florida á recoger la ciencia de sus autorizados labios. Alejandro Humboldt, apartado de su hermano desde esta época, hizo gran amistad con Jorge Forster, residente en Gottinga. Forster que acompañó á Cook, siendo aun niño, á su viaje alrededor del mundo, encendió con sus narraciones inteligentes los deseos innatos de Humboldt hácia las correrías é investigaciones remotas.

El resultado de estas sinceras relaciones de Forster y Humboldt, fue un viaje que hicieron el año 1790 á las orillas del Rhin. La primera obra de Humboldt *Observaciones mineralógicas sobre ciertas formaciones basálticas del Rhin*, fue el fruto de esta espedicion.

Poco tiempo despues le llevaron sus aficiones á la escuela de Comercio de Hamburgo, y de allí á la Academia de minas de Freiberg, donde Werner asentaba su brillante reputacion como geólogo y mineralogista. En esta famosa Academia hizo conocimiento con el célebre Leopoldo de Buch, que llegó á ser uno de sus mejores y mas íntimos amigos.

Acabada su educacion, ocupó el empleo de asesor del distrito minero de Berlin y de los principados de Bayreuth y de Auspach. Por entonces (año de 1793), publicó Humboldt su *Flora subterránea de Freiberg, con aforismos sobre la fisiología química de las plantas*. Tambien en esta época el poeta Shiller le agregó á la redaccion de su periódico *Las horas*, en el cual vió por primera vez la luz, su opúsculo la *Fuerza vital*, que despues llevó á los *Cuadros de la naturaleza*. Algo mas tarde y por consecuencia del descubrimiento famoso de Galbani, Humboldt dió á la imprenta en 1795, su trabajo titulado *Esperimentos sobre la irritabilidad nerviosa y muscular*, á que tanto cariño mostró siempre.

Desde 1793 á 1796, este espíritu infatigable, en el cual se engendraban necesidades y aficiones de tan diversos géneros,

ocupó tambien varios puestos en la carrera diplomática de alguna importancia. A fines de 1796, tuvo el pesar de perder á su virtuosa madre. Esta desgracia fue sin embargo la causa ocasional de sus viajes á América, deseo contenido por su amor filial. Desde este momento no pensó sino en prepararse para nuevos estudios, entre ellos la astronomía bajo la direccion de Zach, enagenando sus bienes para realizar su propósito bien decidido de visitar el nuevo mundo.

Con Leopoldo de Buch pasó en Italia corto tiempo, dirigiéndose á París que aun no conocia, con el objeto de adquirir ciertos instrumentos necesarios á sus espediciones y relacionarse á la vez con lo mas florido del mundo científico. La acogida que obtuvo escedió á sus esperanzas, y despertó en él un cariño estraordinario por aquel país, que conservó hasta su muerte.

Sin efecto la espedicion de Bristol al Egipto, en 1798, y aplazada indefinidamente la que Baudin y Hamelin proyectaban á la Australia, por encargo del Directorio, se decide Humboldt que venia ya acompañado de Bonpland, con quien trabó amistad en Francia, á pasar el invierno de 1798 á 1799 en la capital de España.

Su merecida fama científica y lo esmerado de su educacion, conquistáronle aquí las simpatías de muchas personas de valimiento, y el apoyo de Urquijo, ministro á la sazon de Cárlos IV. Aprovechóse Humboldt de estas relaciones, y solicitó y obtuvo por mediacion de Urquijo, el permiso de visitar nuestras colonias de América y las islas Filipinas, encareciendo Humboldt las inapreciables ventajas que habríamos de reportar de su viaje, por el mas exacto conocimiento de nuestros dominios allende los mares.—En las siguientes palabras nos da cuenta él mismo de sus gestiones y del éxito que lograron: «Presentáronme á la córte, residente á la sazon en el real sitio de Aranjuez, y el rey me acogió con sumo agrado. Espliquéle los móviles que me inducian á intentar un viaje al Nuevo Mundo y á las Filipinas, y presenté una Memoria sobre el asunto al secretario de Estado D. Mariano Luis de Urquijo. Este ministro apoyó mis pretensiones y desvaneció todos los impedimentos. Obtuve dos pasaportes, uno del rey mismo, y otro del Consejo de Indias: jamás se habia otor-

gado un permiso mas lato á viajero alguno, ni ningun extranjero habia sido honrado por el Gobierno español con una confianza igual á la que se me dispensó.»

Embarcáronse Humboldt y Bonpland en la Coruña, siendo recibidos por el capitan de la corbeta *Pizarro* con la consideracion mas distinguida, por órden de nuestro Gobierno. Hicieron escala en Tenerife, y allí se detuvieron los ilustres viajeros para estudiar el Pico y la Orotava, todo el tiempo que desearon, arribando felizmente á Cumaná, el 16 de julio del mismo año de 1799, y pisando al fin el anhelado suelo americano. Gloria y grande toca á España por el auxilio eficacísimo que prestara á Humboldt, y por ser tambien con este motivo ocasion de la bellísima obra del sábio aleman, *Ensayo sobre la isla de Cuba*.

Comenzó Humboldt sus investigaciones por el estado de Venezuela, en donde llamaron su atencion profundamente los temblores de tierra, tan frecuentes en aquellas regiones apartadas, aquellas selvas vírgenes, aquellos raudales que dan el carácter á la fértil naturaleza de los paises de América.

El Orinoco, el Rio Negro, el Casiquiare, el Atrapabo, cuantas corrientes de alguna importancia riegan aquel suelo, son visitadas por los intrépidos viajeros, descansando al fin en Angostura, hoy Ciudad-Bolivar. Humboldt y Bonpland regresaron á Cumaná, con el propósito de reunirse á la espedicion de Baudin y Hamelin; mas el bloqueo de los ingleses les hizo desistir de su intento, hasta que trascurridos dos meses llegan á la Habana, permaneciendo allí algun tiempo.

Tienen noticia por entonces de que el capitan Baudin habia doblado el Cabo de Hornos, y abandonan á Cuba, dirigiéndose á las costas del mar del Sur por Puerto Cabello, Cartagena y el istmo de Panamá.

Suben el Rio Magdalena, en Nueva-Granada, hasta Santa Fé de Bogotá, desde donde, despues de unos dias de esploraciones curiosas, paran en Quito en enero de 1802. La cordillera de Quindiu y sus volcanes fueron prolijamente estudiados durante 5 ó 6 meses, verificando á seguida, el 25 de junio, la famosa ascension al Chimborazo hasta una altura de 6,072 me-

tros, la mayor que hombre alguno habia por entonces alcanzado.

Humboldt y Bonpland se dirigieron luego al Perú, descansando en Lima algun tiempo; desde allí fueron á Guayaquil y se embarcaron para Méjico á donde arribaron en abril de 1802.

De gran importancia y fecundos resultados para la ciencia, fueron los numerosos trabajos de los intrépidos viajeros en esta comarca de la América, del dominio de los españoles en aquella época. Embarcáronse para la Habana en marzo de 1804. Despues de algun tiempo se dirigieron á los Estados-Unidos, visitaron Filadelfia y Washington, haciendo conocimiento con Jefferson, presidente de aquella república, hombre ilustrado que los acogió con distincion. Tuvo allí Humboldt noticia de que la Academia de Ciencias de París le habia nombrado sócio correspondiente, y el 9 junio de 1804 partió para Francia.

Su llegada á la capital fue un triunfo, tanto mayor, cuanto que habian corrido noticias de su muerte.

Humboldt comenzó á ocuparse, una vez en París, de la publicacion del célebre *Viaje á las regiones equinocciales del Nuevo Continente*, cuya primera entrega salió en 1807, no terminando la obra hasta 1827. Al levantamiento de este trabajo monumental que consta de 8 tomos en 4.° y 15 en fólio, cooperaron con sus conocimientos Arago, Cuvier, Gay-Lussac, Kunth, Klaproth, Wildenow, Oltmanns, Latreille, Valenciennes y Vauquelin, en mas ó menos parte. Humboldt se ligó íntimamente con Gay-Lussac y Arago, á quienes tuvo por contrarios con ocasion de su *Memoria sobre la descomposicion química del aire atmosférico*, publicada en Alemania antes de su viaje á América.

Humboldt y Gay-Lussac pasaron juntos á Italia en marzo de 1805, atravesaron los Alpes y Apeninos, llegando á Roma, donde le esperaban su hermano Guillermo, y su amigo Leopoldo de Buch. Ademas de los trabajos y esperimentos meteorológicos que practicaron durante su espedicion, Humboldt con Gay-Lussac y Buch visitaron el Vesubio, precisamente en una de sus más terribles esplosiones.

A su regreso de Italia, hace Humboldt una escursion á su patria, donde fue celebrada su vuelta por una medalla. Durante

su permanencia en Prusia, preparó la primera edicion de sus *Cuadros de la Naturaleza,* que se publicaron en 1808.—En 1814 pasa á Lóndres con su hermano, ministro plenipotenciario de Prusia en la Gran Bretaña.—En 1822, por deseo especial del rey de Prusia, le acompaña al Congreso de Verona y á Nápoles.

Terminada en 1827 la publicacion de su obra, cede á las instancias del rey de Prusia, y vuelve á fijar su residencia en Berlin. Ocúpase en esta época de la *Geografía de las plantas del Nuevo Continente,* y publica el *Ensayo sobre la isla de Cuba.*

En 1829 el czar Nicolás de Rusia le invitó á que visitara el Asia Central en compañía de G. Rose, Ehrenberg y Menschenin. Esta espedicion que emprendió Humboldt á los sesenta años de edad, salió de San Petersburgo el 20 de mayo de 1829, visitando Moscou, Kasan, Yekatherinenburgo, los montes Ourales, Nisnei-Taguilok, Bogoslowsk, Tobolsk y Altaï; desde allí el lago Dsainsang, en la Dzongaria, volviendo á Moscou á los nueve meses, por las estepas de Ischim, Omsk, Miask, el lago Ilimano, Orenburgo, Astrakan, el Mar Caspio, Saratow, Sarepta, Woronesch y Tula.

Los principales resultados de este famoso viaje, fueron consignados en los *Fragmentos de geología y de climatología asiáticas,* en la obra alemana de Gustavo Rose, *Viaje de Humboldt, Ehrenberg y Rose á los montes Urales y Altai y al mar Caspio,* y sobre todo, en el bellísimo estudio escrito en francés por Humboldt, á que dió el título de *Asia Central.*

Al regresar de su espedicion, recibió Humboldt el encargo de ir á reconocer á Luis Felipe por rey de los franceses, despues de los sucesos de julio de 1830, volviendo á Berlin cuando la revolucion destronó al Orleans.

En 1835 Alejandro de Humboldt esperimentó el amargo dolor de perder á su hermano, y en 1838 á la hija mayor de este, que era tambien la mas querida; y por último, en 1840 á su rey Federico Guillermo III, que de tantas distinciones le hizo objeto.

Trabajaba Humboldt por entonces en su *Asia Central*, y en el *Exámen crítico de la historia de la geografía del Nuevo Continente.*

En 1841 acompañó á Federico Guillermo IV á Lóndres, con ocasion del bautismo del príncipe de Galles.

Poco tiempo despues, en 1842, con motivo de la muerte desgraciada del duque de Orleans, volvió á París, y terminó su obra el *Asia Central*, que se publicó en 1843.

No por esta incansable actividad, dejaba Humboldt de pensar en su *Cosmos*, resúmen en donde se propuso encerrar la historia de la ciencia, y á pesar de sus setenta y cinco años de edad se ocupaba sin levantar mano de realizar su intento.

En 1844 dió á la imprenta la primera parte del *Cosmos*, y apenas publicada en aleman, fué á París, entendiéndose con Faye, astrónomo y miembro del Instituto, para que empezase cuanto antes la traduccion francesa que apareció en 1846. Al principio créese que el autor tuvo el propósito de no escribir sino dos tomos del *Cosmos*; mas su afan de estender los conocimientos por él adquiridos, le arrastró á dar cuatro.

En 1847 salió la segunda parte de esta obra colosal, y la traduccion francesa de este segundo tomo, poesía de la ciéncia, fue encomendada por Humboldt mismo á Galuski, distinguido escritor que comprendió bien su pensamiento.

Respecto del tercer tomo, Humboldt, para satisfacer la impaciencia del público y aun la suya propia, lo dividió en dos partes, cuya traduccion francesa confió á Faye y Galuski.

Por consecuencia de la muerte de Arago, á quien tanto estimaba Humboldt, se paralizó algun tanto la publicacion del cuarto tomo del *Cosmos*, pues el autor trabajó mucho en la de las obras de su difunto amigo, las cuales adicionó y notó, precediéndolas de un prólogo importantísimo.

Por fin en 1857 apareció la cuarta parte del *Cosmos*, y en 1859 su traduccion francesa.

Las fuerzas de este ilustre anciano comenzaron á decaer en 1858. Por entonces, sin embargo, era su constante preocupacion la de dar un quinto tomo del *Cosmos*, y una nueva edicion en 8.° de todas aquellas de sus obras que pudieran alcanzar éxito al reproducirlas. Esta edicion debia contener el *Viaje á las regiones equinocciales*; las *Vistas de las cordilleras y monumentos de Méjico*; la *Historia de la geografía del Nuevo Continente*;

el *Asia Central*; los *Cuadros de la Naturaleza*; el *Ensayo sobre la geografía de las plantas*; las *Misceláneas de geología y de física general*, y el *Cosmos*; en una palabra, las obras mas importantes y las que ejercieron tan justa y merecida influencia en la cultura y adelantos de la ciencia.

Este genio profundo y hombre universal, murió el 6 de mayo de 1859, á los noventa años de edad. Su fama y su nombre serán imperecederos.

INTRODUCCION.

CONSIDERACIONES SOBRE LOS DIFERENTES GRADOS DE GOCE QUE OFRECEN EL ASPECTO DE LA NATURALEZA Y EL ESTUDIO DE SUS LEYES.

Dos temores distintos esperimento al procurar desenvolver, tras una larga ausencia de mi patria, el conjunto de los fenómenos físicos del globo y la accion simultánea de las fuerzas que animan los espacios celestes. De una parte, la materia que trato es tan vasta y tan variada, que temo abordar el asunto de una manera enciclopédica y superficial; de otra, es deber mio no cansar la imaginacion con aforismos que únicamente ofrecerian generalidades bajo formas áridas y dogmáticas. La aridez nace frecuentemente de la concision, mientras que el intento de abrazar á la vez escesiva multiplicidad de objetos produce falta de claridad y de precision en el encadenamiento de las ideas. La naturaleza es el reino de la libertad, y para pintar vivamente las concepciones y los goces que su contemplacion profunda espontáneamente engendra, seria preciso dar al pensamiento una espresion tambien libre y noble en armonía con la grandeza y majestad de la creacion.

Si se considera el estudio de los fénomencs físicos, no en sus relaciones con las necesidades materiales de la vida, sino en su influencia general sobre los progresos intelectuales de la humanidad, es el mas elevado é importante resultado de esta investigacion, el conocimiento de la conexion que existe entre las fuerzas de la naturaleza, y el sentimiento íntimo de su mútua dependencia. La intuicion de estas relaciones es la que engrandece los puntos de vista, y ennoblece nuestros goces. Este ensanche de horizontes es obra de la observacion, de la meditacion y de el espíritu del tiempo en el cual se concentran las direcciones todas del pensamiento. La historia revela á todo el que sabe remontarse á través de las capas de los siglos anteriores, hasta las raices profundas de nuestros conocimientos, cómo desde miles de años, el género humano há trabajado por conocer en las mutaciones incesantemente renovadas, la invariabilidad de las leyes naturales, y en conquistar progresivamente una gran parte del mundo físico por la fuerza de la inteligencia. Interrogar los anales de la historia es seguir esta senda misteriosa sobre la cual la imájen del *Cosmos*, revelada primitivamente al sentido interior como un vago presentimiento de la armonía y del órden en el Universo, se ofrece hoy al espíritu como el fruto de largas y sérias observaciones.

A las dos épocas de la contemplacion del mundo esterior, al primer destello de la reflexion y á la época de una civilizacion avanzada, corresponden dos géneros de goces. El uno, propio de la sencillez primitiva de las antiguas edades, nace de la adivinacion del órden anunciado por la pacífica sucesion de los cuerpos celestes y el desarrollo progresivo de la organizacion; el otro, resulta del exacto conocimiento de los fenómenos. Desde el momento en que el hombre, al interrogar la naturaleza, no se limita á la observacion, sino que dá vida á fenómenos bajo determinadas condiciones; desde que recoge y registra los hechos para es-

tender la investigacion mas allá de la corta duracion de su existencia, la *Filosofía de la Naturaleza* se despoja de las formas vagas y poéticas que desde su orígen la han pertenecido; adopta un carácter mas severo; compulsa el valor de las observaciones, no adivina ya; combina y razona. Entonces las afirmaciones dogmáticas de los siglos anteriores, se conservan solo en las creencias del pueblo y de las clases que se aproximan á él por su falta de ilustracion; y se perpetúan sobre todo en algunas doctrinas que se cubren bajo místico velo, para ocultar su debilidad. Las lenguas recargadas de espresiones figuradas, llevan largo tiempo los rasgos de estas primeras intuiciones. Un pequeño número de símbolos, producto de una feliz inspiracion de los tiempos primitivos, toma poco á poco formas menos vagas, y, mejor interpretados, se conservan hasta en el lenguaje científico.

La naturaleza, considerada por medio de la razon, es decir, sometida en su conjunto al trabajo del pensamiento, es la unidad en la diversidad de los fenómenos, la armonía entre las cosas creadas, que difieren por su forma, por su propia constitucion, por las fuerzas que las animan; es el Todo (τὸ πᾶν) animado por un soplo de vida. El resultado mas importante de un estudio racional de la naturaleza es recoger la unidad y la armonía en esta inmensa acumulacion de cosas y de fuerzas; abrazar con el mismo ardor, lo que es consecuencia de los descubrimientos de los siglos pasados con lo que se debe á las investigaciones de los tiempos en que vivimos, y analizar el detalle de los fenómenos sin sucumbir bajo su masa. Penetrando en los misterios de la naturaleza, descubriendo sus secretos, y dominando por el trabajo del pensamiento los materiales recogidos por medio de la observacion, es como el hombre puede mejor mostrarse mas digno de su alto destino.

Si reflexionamos desde luego acerca de los diferentes

grados de goce á que dá vida la contemplacion de la naturaleza, encontramos que en el primer lugar debe colocarse una impresion enteramente independiente del conocimiento íntimo de los fenómenos físicos; independiente tambien del carácter individual del paisaje, y de la fisonomía de la region que nos rodea. Donde quiera que en una llanura monótona, sin mas límites que el horizonte, plantas de una misma especie, brezos, cistos ó gramíneás, cubren el suelo, en los sitios en que las olas del mar bañan la ribera y hacen reconocer sus pasos por verdosas estrias de ovas y alga flotante, el sentimiento de la naturaleza, grande y libre, arroba nuestra alma y nos revela como por una misteriosa inspiracion que las fuerzas del Universo están sometidas á leyes. El simple contacto del hombre con la naturaleza, esta influencia del gran ambiente, ó del *aire libre*, como dicen otras lenguas con mas bella espresion, egercen un poder tranquilo, endulzan el dolor y calman las pasiones, cuando el alma se siente íntimamente agitada. Estos beneficios los recibe el hombre por todas partes, cualquiera que sea la zona que habite; cualquiera que sea el grado de cultura intelectual á que se haya elevado. Cuanto de grave y de solemne se encuentra en las impresiones que señalamos, débenlo al presentimiento del órden y de las leyes, que nace espontáneamente al simple contacto de la naturaleza; así como al contraste que ofrecen los estrechos límites de nuestro ser con la imájen de lo infinito revelada por doquiera, en la estrellada bóveda del cielo, en el llano que se estiende mas allá de nuestra vista, en el brumoso horizonte del Océano.

Otro goce es el producido por el carácter individual del paisaje, la configuracion de la superficie del globo en una region determinada. Las impresiones de este género son mas vivas, mejor definidas, mas conformes á ciertas situaciones del alma. Ya es la inmensidad de las masas, la lucha de los elementos desencadenados ó la triste desnudez de las

estepas, como en el norte del Asia, lo que escita nuestra emocion; ya, bajo la inspiracion de sentimientos mas dulces, cáusala el aspecto de los campos cubiertos de ricos frutos, la habitacion del hombre al borde del torrente ó la salvaje fecundidad del suelo vencido por el arado. Insistimos menos aquí sobre los grados de fuerza que distinguen estas emociones, que sobre la diferencia de sensaciones que escita el carácter del paisaje, y á las cuales dá este mismo carácter su encanto y su duracion.

Si me fuese permitido abandonarme á los recuerdos de lejanas correrías, entre los goces que presentan las escenas de la naturaleza, señalaria, la calma y magestad de esas noches tropicales, en que las estrellas privadas, de centelleo, arrojan una dulce luz planetaria sobre la superficie blandamente agitada del Océano; recordaria esos profundos valles de las Cordilleras, donde los esbeltos troncos de las palmeras agitan sus cabezas empenachadas, atraviesan las bóvedas vegetales, y forman en largas columnatas, «un bosque sobre el bosque;» (1) describiría el vértice del pico de Tenerife, en el momento en que una capa horizontal de nubes, deslumbrante de blancura, separa el cono de cenizas de la llanura inferior, y súbitamente, por efecto de una corriente ascendente, deja que desde el borde mismo del cráter, pueda la vista dominar las viñas del Orotava, los jardines de naranjas y los grupos espesos de los plátanos del litoral. No es ciertamente, lo repito, el dulce encanto uniformemente esparcido en la naturaleza, lo que nos conmueve ya en estas escenas; es la fisonomía del suelo, su propia configuracion, la mezcla de las nubes, de las islas vecinas y del horizonte del mar, que confunden sus formas indecisas en los vapores de la mañana. Todo cuanto nuestros sentidos perciben vagamente, todo cuanto los parajes románticos presentan de mas horrible, puede llegar á ser para el hombre manantial de goces; su imaginacion encuentra en todo medios de ejercer libre-

mente un poder creador. En la vaguedad de las sensaciones, cambian las impresiones con los movimientos del alma, y, por una ilusion tan dulce como fácil creemos recibir del mundo exterior lo que nosotros mismos sin saberlo hemos depositado en él.

Cuando alejados de la patria, desembarcamos por primera vez en tierra de los trópicos, despues de una larga navegacion, nos sorprende agradablemente reconocer en las rocas que nos rodean las mismas eschistas inclinadas, iguales basaltos en columnas cubiertos de amigdaloydes celulares, que los que acabábamos de dejar sobre el suelo europeo, y cuya identidad en zonas tan diferentes, nos demuestra que la corteza de la tierra al solidificarse, ha quedado independiente de la influencia de los climas. Pero estas masas de rocas schistosas y basálticas se encuentran cubiertas de vegetales de una fisonomía que nos sorprende, y de un aspecto desconocido. Allí es donde, rodeados de formas colosales, y de la magestad de una flora exótica, esperimentamos, cómo por la maravillosa flexibilidad de nuestra naturaleza, se abre el alma fácilmente á impresiones que tienen entre sí un lazo misterioso y secreta analogía. Tan íntimamente unido nos figuramos cuanto tiene relacion con la vida orgánica, que si á primera vista se ocurre que una vegetacion semejante á la de nuestro país natal deberia encantarnos, como encanta nuestro oido el idioma de la patria dulcemente familiar, poco á poco, sin embargo, nos sentimos naturalizados en los nuevos climas. Ciudadano del mundo, el hombre, en todo lugar, acaba por familiarizarse con cuanto le rodea. Unicamente el colono aplica á algunas plantas de esas nuevas regiones, nombres que importa de la madre patria, como un recuerdo cuya pérdida sentiría. Por las misteriosas relaciones que existen entre los diferentes tipos de la organizacion, las formas vegetales exóticas se presentan á su pensamiento embellecidas por la

imágen de las que rodearon su cuna. Así es que la afinidad de sensaciones conduce al mismo objeto á que nos lleva mas tarde la laboriosa comparacion de los hechos, á la íntima persuasion de que un solo é indestructible nudo encadena la naturaleza entera.

La tentativa de descomponer en sus diversos elementos la magia del mundo físico, llena está de temeridad; porque el gran carácter de un paisaje, y de toda escena imponente de la naturaleza, depende de la simultáneidad de ideas y de sentimientos que agitan al observador. El poder de la naturaleza se revela, por decirlo así, en la conexion de impresiones, en la unidad de emociones y de efectos que se producen en cierto modo de una sola vez. Si se quieren indicar sus fuentes parciales, es preciso descender por medio del análisis á la individualidad de las formas y á la diversidad de las fuerzas. Los mas ricos y variados elementos de este género de análisis se ofrecen á la vista de los viajeros en el paisaje del Asia austral, en el gran archipiélago de la India, y sobre todo en el Nuevo Continente, donde los vértices de las altas Cordilleras forman los bajíos del Océano aéreo, y donde las mismas fuerzas subterráneas que en otros tiempos levantaron cadenas de montañas, las conmueven aun hoy, y amenazan sepultarlas.

Los Cuadros de la naturaleza, trazados con un pensamiento reflexivo, no se han hecho con el único objeto de agradar á la imaginacion; pueden tambien, cuando se los relaciona entre si, reproducir las impresiones en virtud de las cuales, se pasa gradualmente desde el litoral uniforme ó las desnudas estepas de la Siberia, hasta la inagotable fecundidad de la zona tórrida. Si colocamos imaginariamente el Monte-Pilato sobre el Schreckhorn (2), ó la Schneekoppe sobre el Mont-Blanc, no habremos llegado á componer uno de los grandes colosos de los Andes, el Chimborazo, que tiene doble altura que el Etna; y única-

mente superponiendo el Righi ó el monte Athos al Chimborazo, puede formarse idea del mas alto vértice del Himalaya, del Dhawalagiri. Aunque las montañas de la India, por su asombrosa elevacion, escedan con mucho (un gran número de exactas medidas han dado al fin este resultado) á las Cordilleras de la América meridional, no pueden sin embargo, ofrecer la misma variedad de fenómenos, á causa de su posicion geográfica. La impresion de los grandes aspectos de la naturaleza no depende únicamente de la altura.. La cadena del Himalaya está colocada muy acá de la zona tórrida, y apenas si se encuentra una palmera en los lindos valles de Kumaoun y de Garhwal. (3) Entre los 28° y 34 de latitud, sobre la pendiente meridional del antiguo Paropaniso, la naturaleza no desplega ya aquella abundancia de helechos y de gramíneas arborescentes, de helicónias y de orquídeas, que, en la region tropical, suben hasta las mas elevadas mesetas. En la falda del Himalaya, á la sombra del pino *deodvara* y de encinas de largas hojas que caracterizan á los alpes de la India, la roca granítica y la micaschista se cubren de formas casi semejantes á las que vegetan en Europa y en el Asia boreal. Las especies no son idénticas, pero sí análogas de aspecto y de fisonomía: son enebros, abedules alpinos, gencianas, la parnasia de pantanos, y las grosellas espinosas. (4) Falta tambien á la cadena del Himalaya el fenómeno imponente de los volcanes, que en los Andes y en el Archipiélago Indio, revelan muy á menudo y de una manera formidable á los indígenas, la existencia de las fuerzas que residen en el interior de nuestro planeta. Tambien la region de las nieves perpétuas, en la pendiente meridional del Himalaya, allí donde suben las corrientes de aire húmedo y con esas corrientes la vigorosa vejetacion del Indostan, empieza ya á los 3,600 y 3,900 metros de altura sobre el nivel del Océano, fijando por consiguiente al desarrollo de

la organizacion un límite que en la region equinoccial de las Cordilleras se encuentra á 850 metros mas arriba. (5)

Los paises próximos al Ecuador tienen otra ventaja sobre la cual no se ha llamado la atencion hasta aquí suficientemente. Esta es la parte de la superficie de nuestro planeta en que la naturaleza dá vida á la mayor variedad de impresiones, en la menor estension. En las colosales montañas de Cundinamarca, de Quito y el Perú, surcadas por valles profundos, es dable al hombre contemplar á la vez todas las familias de las plantas y todos los astros del firmamento. Allí, de un golpe de vista se abarcan magestuosas palmeras, bosques húmedos de bambúes, la familia de las musáceas, y sobre estas formas del mundo tropical, encinas, nísperos, rosales silvestres, y umbelíferas como en nuestra patria europea. De una sola mirada se abraza la constelacion de la Cruz del Sud, las Nubes de Magallanes y las estrellas conductoras de la Osa que giran al rededor del polo Artico. Allí, el seno de la tierra y los dos hemisferios del cielo ostentan toda la riqueza de sus formas y la variedad de sus fenómenos; allí, los climas, como las zonas vegetales cuya sucesion determinan, se encuentran superpuestos por pisos, y las leyes de decrecimiento del calor, fáciles de recoger por el observador inteligente, están escritas en caractéres indelebles sobre los muros de las rocas, en la pendiente rápida de las Cordilleras.

Para no cansar al lector con el detalle de los fenómenos que he tratado há mucho tiempo de representar gráficamente (6), no reproduciré aquí mas que alguno de los resultados generales cuyo conjunto compone el *cuadro físico de la zona tórrida*. Lo que en la vaguedad de las sensaciones se confunde, por falta de contornos bien determinados, lo que queda envuelto por ese vapor brumoso que en el paisaje, oculta á la vista las altas cimas, el pensamiento lo desarrolla y resuelve en sus diversos elementos, desentrañando

las causas de los fenómenos, asignando á cada uno de dichos elementos, que concurren á formar la impresion total, un carácter individual. De aquí resulta que en la esfera de la ciencia como en la de la poesía y la pintura de paisaje, la descripcion de los parajes y los cuadros que hablan á la imaginacion tienen tanta mayor verdad y vida, cuanto mas determinados están sus rasgos característicos.

Si las regiones de la zona tórrida, por su riqueza orgánica y su abundante fecundidad hacen brotar las mas profundas emociones, ofrecen tambien la inapreciable ventaja de enseñar al hombre en la uniformidad de las variaciones de la atmósfera y del desarrollo de las fuerzas vitales, en los contrastes de los climas y de vegetacion que nacen de la diferencia de alturas, la invariabilidad de las leyes que rigen los movimientos celestes, reflejada, por decirlo así, en los fenómenos terrestres. Séame permitido detenerme algunos instantes en las pruebas de esta regularidad, que puede hasta sujetarse á escalas y á evaluaciones numéricas.

En los llanos ardientes que se elevan poco sobre el nivel de los mares, reina la familia de los bananeros, cycas, y palmeras, cuyas especies, incluidas en las floras de las regiones tropicales, se han multiplicado maravillosamente en nuestros dias por el celo de los viajeros botánicos. A estos grupos siguen, sobre la pendiente de las Cordilleras, en lo alto de los valles ó en grietas húmedas y sombrías, los helechos arbóreos y el quino que produce la corteza antifebril. Los gruesos troncos cilíndricos de los helechos proyectan sobre el azul turquí del cielo el lozano verdor de un follaje delicadamente dentado. En el quino la corteza es tanto mas saludable cuanto mas frecuentemente está bañada y refrescada la cima del árbol, por las lijeras nieblas que forman la capa superior de las nubes materialmente descansando sobre aquellas llanuras. En el límite donde acaba la region de los bosques, florecen en largas bandas, plan-

tas que viven por grupos, como la menuda aralia, los thibaudes y la andrómeda de hojas de mirto. La rosa alpina de los Andes, la magnífica befária, forma un cinturon purpurino al rededor de los salientes picos. Poco á poco en la region fria de los *Páramos*, espuesta á la perpétua tormenta de los huracanes y de los vientos, desaparecen los arbustos ramosos y las vellosas yerbas, constantemente cargadas de grandes corolas de variados matices. Las plantas monocotiledones de delgada espiga, cubren uniformemente el suelo; tal es la zona de las gramíneas. La sábana que se estiende sobre inmensas mesetas, refleja en la pendiente de las Cordilleras una luz amarillenta, casi dorada en lontananza, y sirve de pasto á los llamas y al ganado introducido por los colonos europeos. Donde quiera que la roca desnuda de traquito toca al césped y se eleva en capas de aire que creemos las menos cargadas de ácido carbónico, las únicas plantas de una organizacion inferior, líquenes, lecídeas y el polvo coloreado de la lepraria, se desarrollan en manchas orbiculares. Islotes de nieve esporádica recientemente caida, variables de forma y de estension, detienen los últimos y débiles desenvolvimientos de la vida vegetal. A estos islotes esporádicos siguen las nieves perpétuas, cuya altura es constante y fácil de determinar, á causa de la muy pequeña oscilacion que sufre su límite inferior. Las fuerzas elásticas que residen en el interior de nuestro globo trabajan, frecuentemente en vano, para quebrar esas campanas ó cúpulas redondeadas, que resplandecientes con la blancura de las nieves perpétuas, dominan la espalda de las Cordilleras. Allí donde las fuerzas subterráneas han logrado, sea por cráteres circulares, sea por largas grietas, abrir comunicaciones permanentes con la atmósfera, producen con gran frecuencia, escorias inflamadas, vapores de agua y de azufre hidratado, miasmas de ácido carbónico, y rara vez corrientes de lava.

Un espectáculo tan grandioso y tan imponente, no ha podido inspirar á los habitantes de los trópicos, en el primer estado de una naciente civilizacion, mas que un vago sentimiento de asombro y de espanto. Debió suponerse quizás, y lo hemos dicho mas arriba, que la vuelta periódica de los mismos fenómenos, y el modo uniforme segun el cual se agrupan por zonas superpuestas, habrian facilitado al hombre el conocimiento de las leyes de la naturaleza; pero por lejos que se remonten la tradicion y la historia, no encontramos que estas ventajas hayan sido provechosas en aquellos dichosos climas. Investigaciones recientes hacen dudar de que la base primitiva de la civilizacion de los Indios, una de las fases mas maravillosas del progreso de la humanidad, haya tenido su asiento entre los mismos trópicos. Ayriana Vaedjo, la antigua cuna del Zend, estaba situada al Nord-Oeste de los Altos-Indos; y despues del gran cisma religioso, es decir, despues de la separacion de los Iranios de la institucion brahmánica, la lengua, en otro tiempo comun á los Iranios y á los Indos, tomó entre estos últimos, en la Magadha ó Madhya Dêza (7), comarca limitada por la gran Cordillera del Himalaya y la pequeña cadena Vindhya, una forma individual, al propio tiempo que la literatura, las costumbres y el estado de la sociedad. Bastante despues, la lengua y la civilizacion sanscritas adelantaron hacia el Sud-Este y penetraron mucho mas en la zona tórrida, como ha espuesto mi hermano Guillermo de Humboldt (8) en su gran obra sobre la lengua Kawi y las que con ella tienen algunas relaciones de estructura.

A pesar de todas las trabas que, bajo latitudes boreales, oponian al descubrimiento de las leyes de la naturaleza, la escesiva complicacion de los fenómenos, y las perpétuas variaciones locales en los movimientos de la atmósfera y en la distribucion de las formas orgánicas, precisamente á un

pequeño número de pueblos habitantes de la zona templada, es á quienes se ha revelado primero un conocimiento íntimo y racional del as fuerzas que obran en el mundo físico. De la zona boreal, mas favorable aparentemente al progreso de la razon, á la dulzura de las costumbres y á las libertades públicas, es de donde los gérmenes de la civilizacion han sido importados á la zona tropical, tanto por esos grandes movimientos de razas que se llaman emigraciones de los pueblos, cuanto por el establecimiento de colonias, igualmente saludables para los paises que van á poblar y para aquellos de donde parten, cualquiera que sean las diferencias que presenten por otro lado sus instituciones en los tiempos fenicios ó helénicos, y en nuestros tiempos modernos.

Al indicar la facilidad mas ó menos grande que ha podido dar la sucesion de los fenómenos para reconocer la causa que los produce, he hablado de este punto importante donde, en el contacto con el mundo esterior, al lado del encanto que esparce la simple contemplacion de la naturaleza, se coloca el goce que nace del conocimiento de las leyes y del encadenamiento mútuo de aquellos fenómenos. Lo que durante largo tiempo no ha sido sino objeto de una vaga inspiracion, ha llegado poco á poco á la evidencia de una verdad positiva. El hombre se ha esforzado para encontrar, como ha dicho en nuestra lengua un poeta inmortal «el polo inmóvil en la eterna fluctuacion de las cosas creadas.» (9)

Para llegar á la fuente de este goce que nace del trabajo del pensamiento, basta echar una rápida mirada sobre los primeros bosquejos de la filosofía de la naturaleza ó de la antigua doctrina del *Cosmos*. Encontramos entre los pueblos mas salvajes (y mis propias escursiones han confirmado esta asercion) un sentimiento confuso y temeroso de la poderosa unidad de las fuerzas de la naturaleza, de una esen-

cia invisible, espiritual, que se manifiesta en ellas ya desarrollen la flor y el fruto en el árbol productivo, ya quebranten el suelo del bosque ó ya truenen en las nubes. Así se revela un lazo entre el mundo visible y un mundo superior que se escapa á los sentidos. Uno y otro se confunden involuntariamente, sin que por ello deje de desarrollarse en el seno del hombre, el gérmen de una *filosofía de la Naturaleza*, aunque como el simple producto de una concepcion ideal, y sin el auxilio de la observacion.

Entre los pueblos mas atrasados en civilizacion, la imaginacion se goza en creaciones estrañas y fantásticas. La predileccion por el símbolo influye simultáneamente, en las ideas y en las lenguas. En vez de examinar, se adivina, se dogmatiza, se interpreta lo que nunca ha sido observado. El mundo de las ideas y de los sentimientos no refleja en su pureza primitiva el mundo esterior. Lo que en algunas regiones de la tierra no se ha manifestado como rudimento de la filosofía natural, sino entre un pequeño número de indivíduos dotados de una alta inteligencia, se presenta en otras regiones, entre familias enteras de pueblos, como el resultado de tendencias místicas y de intuiciones instintivas. En el comercio íntimo con la naturaleza, en la vivacidad y profundidad de las emociones á que dá vida, es donde se encuentran tambien los primeros impulsos hácia el culto, hácia una santificacion de fuerzas destructoras ó conservadoras del Universo. Pero á medida que el hombre recorriendo los diferentes grados de su desarrollo intelectual, llega á gozar libremente del poder regulador de la reflexion, á separar por un acto de emancipacion progresiva, el mundo de las ideas y el de las sensaciones, no puede contentarse con presentir vagamente la unidad de las fuerzas de la naturaleza. El ejercicio del pensamiento empieza á cumplir su alta mision; la observacion, fecun-

dada por el razonamiento llega con ardor á las causas de los fenoménos.

La historia de las ciencias enseña que no ha sido fácil satisfacer á las necesidades de una curiosidad tan ardiente. Observaciones poco exactas é incompletas han originado por falsas inducciones, ese gran número de cálculos físicos que se han perpetuado entre las preocupaciones populares de todas las clases de la sociedad. Así es como al lado de un conocimiento sólido y científico de los fenómenos, se ha conservado un sistema de fenómenos mal observados, tanto mas difícil de destruir, cuanto que no se tiene en cuenta ninguno de los hechos que le contrarían. Este empirismo, triste herencia de siglos anteriores, mantiene invariablemente sus axiomas. Es arrogante como todo lo que es limitado; en tanto que la física fundada en la ciencia, duda porque trata de profundizar, separa lo que es cierto de lo que es simplemente probable, y perfecciona sin cesar las teorías estendiendo el círculo de sus observaciones.

Ese conjunto de dogmas incompletos que un siglo lega al otro, esa física que se compone de preocupaciones populares, no es solamente perjudicial porque perpetúa el error, con la obstinacion que lleva siempre el testimonio de los hechos imperfectamente observados; sino que tambien prohibe al espíritu elevarse á los grandes horizontes de la naturaleza. En vez de buscar el estado *medio*, alrededor del cual oscilan, en la aparente independencia de las fuerzas, todos los fenómenos del mundo esterior, desea la ocasion de multiplicar las escepciones de la ley; investiga en los fenómenos y en las formas orgánicas, otras maravillas que las de una sucesion regular ó de un desarrollo interno y progresivo; se inclina á creer incesantemente interrumpido el órden de la naturaleza, á desconocer en el presente la analogía con el pasado; á perseguir, en medio del azar de sus sueños, la causa de pretendidas per-

turbaciones, tanto en el interior de nuestro globo, como en los espacios celestes.

El objeto particular de esta obra es el de combatir los errores que toman su orígen en un vicioso empiríemo y en imperfectas inducciones. Los mas nobles goces que puede procurar el estudio de la naturaleza, dependen de la exactitud y de la profundidad de sus concepciones, de la estension del horizonte que se abarca de una vez. Con el cultivo de la inteligencia se ha acrecentado en todas las clases de la sociedad, la necesidad de embellecer la vida aumentando la masa de ideas y los medios de generalizarlas. Este sentimiento es la refutacion de las censuras que se han dirigido al siglo en que vivimos, y prueba que los espíritus no se han ocupado únicamente de los intereses materiales de la existencia.

Toco no sin pesar á un temor que parece nacer de una mira limitada, ó de cierto sentimentalismo dulce y blando del alma: hablo del temor de que la naturaleza no pierda nada de su encanto, prestigio y poder mágico, á medida que empezemos á penetrar en sus secretos, á comprender el mecanismo de sus movimientos celestes, y á evaluar numéricamente la intensidad de las fuerzas. Es cierto que estas no ejercen, propiamente hablando, un poder mágico sobre nosotros, sino cuando su accion envuelta en misterios y tinieblas, se halla colocada fuera de todas las condiciones que ha podido reunir la esperiencia. El efecto de un poder tal, es por consiguiente, el de conmover la imaginacion; y ciertamente que no es esta la facultad del alma que evocariamos preferentemente, para dirigir las laboriosas y minuciosas observaciones cuyo objeto es el conocimiento de las mas grandes y admirables leyes del Universo. El astrónomo que por medio de un heliómetro ó de un prisma de doble refraccion (10) determina el diámetro de los cuerpos planetarios; que mide con paciencia durante años en-

teros la altura meridiana, y las relaciones de distancia de las estrellas; que busca un cometa telescópico en un grupo de pequeñas nebulosas, no siente la imaginacion (y esta es la garantía misma de la precision de su trabajo) mas conmovida, que el botánico que cuenta las divisiones del cáliz, el número de los estambres, los dientes ya libres, ya unidos, del anillo que rodea la cápsula de musgo. Sin embargo, las medidas multiplicadas de ángulos por una parte, y de otra las relaciones del detalle de la organizacion, preparan el camino á importantes cálculos sobre la física general.

Es preciso distinguir entre las disposiciones del alma del observador, en tanto que observa, y el engrandecimiento ulterior de miras, que es el fruto de la investigacion y del trabajo del pensamiento. Cuando los físicos miden con admirable sagacidad las ondas luminosas de desigual longitud que se refuerzan ó se destruyen por *interferencia*, aun en sus acciones químicas; cuando el astrónomo armado de poderosos telescopios penetra en los espacios celestes, contempla las lunas de Urano en los últimos límites de nuestro sistema solar, y descompone débiles puntos brillantes en estrellas dobles desigualmente coloreadas; cuando los botánicos ven reproducirse la constancia del movimiento giratorio del chara en la mayor parte de las celdas vegetales, y reconocen el íntimo enlace de las formas orgánicas por géneros y por familias naturales, la bóveda celeste sembrada de nebulosas y de estrellas, el rico manto de vegetales que cubre el suelo en el clima de las palmeras, no pueden dejar de inspirar á esos observadores laboriosos una impresion mas imponente y mas digna de la magestad de la creacion que á aquellos otros cuya alma no está acostumbrada á recojer las grandes relaciones que ligan á los fenómenos entre sí. No puedo por consiguiente estar de acuerdo con Burke, cuando, en una

de sus ingeniosas obras pretende «que nuestra ignorancia respecto de las cosas de la naturaleza es la causa principal de la admiracion que nos inspiran, y fuente de que nace el sentimiento de lo sublime.»

En tanto que la ilusion de los sentidos fija los astros en la bóveda del cielo, la astronomía con sus atrevidos trabajos engrandece indefinidamente el espacio. Si circunscribe la gran nebulosa á la cual pertenece nuestro sistema solar, es únicamente para enseñarnos mas allá, hácia regiones que huyen á medida que las potencias ópticas aumentan, otras islas de nebulosas esporádicas. El sentimiento de lo sublime, cuando nace de la contemplacion de la distancia que nos separa de los astros, de su magnitud, y en general de la estension física, se refleja en el sentimiento de lo infinito, que pertenece á otra esfera de ideas, al mundo intelectual. Cuanto el primero ofrece de solemne y de imponente, lo debe á la relacion que acabamos de señalar, á esa analogía de goces y de emociones que sentimos, ya en medio de los mares, ya en el Océano aéreo, cuando capas vaporosas y semidiáfanas nos envuelven sobre el vértice de un pico aislado, ya en fin delante de uno de esos poderosos instrumentos que disuelven en estrellas lejanas nebulosas.

Aquel trabajo que consiste en acumular observaciones de detalle, sin relacion entre si, ha podido inducir, es cierto, á ese error profundamente inveterado, de que el estudio de las ciencias exactas debe necesariamente enfriar el sentimiento y disminuir los nobles placeres de la contemplacion de la naturaleza. Los que, en los tiempos en que vivimos, en medio del adelanto de todas las ramas de nuestros conocimientos y de la misma razon pública, alimentan todavía semejante error, ni aprecian bastante cada progreso de la inteligencia, ni lo que puede el arte encubrir el detalle de los hechos aislados, para elevarse á resultados generales. Al temor de sacrificar el libre goce de la naturaleza,

bajo la influencia del razonamiento científico, se añade por lo comun el de que no sea dable á todas las inteligencias el conocer el conjunto de la física del mundo. Cierto que en medio de esta fluctuacion universal de fuerzas y de vida, en esta red intrincada de organismos que se desarrollan y destruyen sucesivamente, cada paso que se dá hácia el conocimiento mas íntimo de la naturaleza, conduce á la entrada de nuevos laberintos; pero esta intuicion vaga de tantos misterios por descubrir, estimulando en nosotros el ejercicio del pensamiento, nos causa, en todos los grados del saber, un asombro mezclado de alegría. El descubrimiento de cada ley de la naturaleza lleva á otra ley mas general, ó hace presentir su existencia, al observador inteligente. La naturaleza, como la ha definido un célebre fisiólogo (11) y como la palabra misma indica entre los Griegos y los Romanos, es «lo que crece y se desarrolla perpétuamente, lo que solo vive por un cambio contínuo de forma y de movimiento interior.»

La série de los tipos orgánicos se estiende ó se completa para nosotros á medida que, por medio de viajes de tierra ó mar, penetramos en regiones desconocidas y comparamos los organismos vivientes con aquellos que han desaparecido con las grandes revoluciones de nuestro planeta; á medida que los microscopios se perfeccionan y aprendemos á servirnos de ellos con mas discernimiento. En el seno de esta inmensa variedad de producciones animales y vegetales, en el juego de sus trasformaciones periódicas, se renueva sin cesar el misterio primordial de todo desarrollo orgánico, aquel problema de la *metamórfosis* que Gœthe ha tratado con una sagacidad superior, y que nace de la necesidad que esperimentamos de reducir las formas vitales á un pequeño número de fundamentales tipos. En medio de las riquezas de la naturaleza y de esta acumulacion creciente de las observaciones, se penetra el hombre de la conviccion íntima

de que en la superficie y en las entrañas de la tierra, en las profendidades del mar y las de los cielos, aun despues de miles de años, «el espacio no faltará á los conquistadores científicos.» Este pesar de Alejandro (12) no podria aplicarse á los progresos de la observacion y de la inteligencia.

Las consideraciones generales, bien sea que tengan relacion con la materia aglomerada en cuerpos celestes ó con la distribucion geográfica de los organismos terrestres, no solo son mas atractivas por sí mismas, que los estudios especiales, sino que ofrecen tambien grandes ventajas á los que no pueden emplear mucho tiempo en este género de ocupaciones. Las diferentes ramas de la Historia natural ni son accesibles mas que á ciertas posiciones de la vida social, ni presentan el mismo encanto en toda estacion ni bajo todo clima. En las zonas inhospitalarias del Norte estamos privados durante largo tiempo del espectáculo que ofrecen á nuestras miradas las fuerzas productivas de la naturaleza orgánica; y si nuestro interés está limitado á una clase de objetos, los mas animados cuentos de los viajeros que han recorrido los paises lejanos, no tendrán atractivo alguno para nosotros, á menos que se refieran á los mismos objetos de nuestra prediIeccion.

De igual manera que la historia de los pueblos (si pudiese elevarse siempre con éxito á las verdaderas causas de los acontecimientos) llegaria á resolver el eterno enigma de las oscilaciones que esperimenta el movimiento sucesivamente progresivo ó retrógrado de la sociedad humana; asi tambien, la descripcion física del mundo, la ciencia del *Cosmos*, si estuviese concebida por una alta inteligencia, y fundada sobre el conocimiento de todo lo que se ha descubierto hasta una época dada, haria desaparecer una parte de las contradicciones que parece ofrecer á primera vista la complicacion de los fenómenos, y que descansan en una multitud de perturbaciones simultáneas. El conocimiento

de las leyes, ya se revelen en los movimientos del Océano, en la marcha calculada de los cometas, ó en las atracciones mútuas de las estrellas múltiples, aumenta el sentimiento tranquilo de la naturaleza, cual si «la discordia de los elementos,» constante fantasma del espíritu humano en sus primeras intuiciones, se debilitára á medida que las ciencias estienden su imperio. Las miras generales nos acostumbran á considerar cada organismo, como una parte de la creacion entera, á reconocer en la planta y en el animal, no la especie aislada, sino una forma unida en la cadena de los séres, á otras formas vivientes ó muertas; ayudándonos á conocer las relaciones que existen entre los descubrimientos mas recientes y los que los han preparado. Retirados á un punto del espacio, recogemos con mayor avidez lo que se ha observado bajo diferentes climas. Complácenos seguir á los audaces navegantes hasta en medio de los hielos polares, hasta el pico del volcan del polo antártico cuyos fuegos son visibles durante el dia á grandes distancias. Llegamos aun á comprender algunas de las maravillas del magnetismo terrestre, y los resultados que pueden esperarse hoy de las numerosas estaciones diseminadas en los dos hemisferios, para espiar la simultaneidad de las perturbaciones, la frecuencia y la duracion de las *tempestades magnéticas*.

Séame permitido adelantar por el campo de los descubrimientos cuyas consecuencias no pueden ser apreciadas sino por aquellos que se han dedicado á los estudios de la física general. Ejemplos escogidos entre los fenómenos que han fijado especialmente la atencion en estos últimos tiempos, esparcirán nueva luz sobre las consideraciones precedentes. Sin un conocimiento preliminar de la órbita de los cometas, no se comprenderia cual es la importancia que tiene el descubrimiento del cometa de Encke, cuya órbita elíptica, está incluida en los estrechos límites de nues-

tro sistema planetario, y que ha revelado la existencia de un fluido etéreo, que tiende á disminuir la fuerza centrífuga y la duracion de las revoluciones. En una época en que tantas gentes, curiosas de un relativo saber, se complacen en mezclar á las conversaciones del dia vaguedades científicas, los temores que antiguamente reinaban respecto del choque de los cuerpos celestes, ó de un pretendido trastorno de los climas, se renuevan bajo formas diferentes: sueños de la imaginacion, tanto mas engañosos, cuanto que tienen su orígen en pretensiones dogmáticas. La historia de la atmósfera y de las variaciones anuales que esperimenta su temperatura, tiene ya bastante antigüedad para habernos manifestado la reproduccion de pequeñas oscilaciones alrededor del calor medio de cierto lugar, y para prevenirnos por consiguiente contra el temor exagerado de la deterioracion general y progresiva de los climas de Europa. El cometa de Encke, uno de los tres *cometas interiores*, acaba su carrera en mil doscientos dias; y por la forma y la posicion de su órbita, no es mas peligroso para la tierra que el gran cometa de Halley, de setenta y seis años, menos bello en 1835 que en 1759, ni que el cometa interior de Biela, el cual, sin bien es cierto que corta la órbita de la tierra, no puede acercarse mucho á nosotros sin embargo, mas que cuando su proximidad al sol coincide con el solsticicio de invierno.

La cantidad de calórico que recibe un planeta, y cuya desigual distribucion determina las variaciones meteorológicas de la atmósfera, depende á la vez de la fuerza fotogénica del sol, es decir, del estado de sus envueltas gaseosas, y de la posicion relativa del planeta y del cuerpo central. Segun las leyes de la gravitacion universal, la forma de la órbita terrestre ó la inclinacion de la eclíptica, es decir, el ángulo que forma el eje de la tierra con el plano de su órbita, esperimenta variaciones periódicas; pero tan lentas, y

encerradas en tan estrechos límites, que sus efectos térmicos no llegarian á ser apreciados por nuestros instrumentos actuales, sino despues de miles de años. Las causas astronómicas á que pueden referirse el enfriamiento de nuestro globo, la disminucion de la humedad en su superficie, la naturaleza y frecuencia de ciertas epidemias (fenómenos frecuentemente discutidos en nuestros dias siguiendo las preocupaciones de la Edad media) deben mirarse como cosas fuera del alcance de los procedimientos actuales de la física y de la química.

La astronomía física nos ofrece otros fenómenos que no podrian conocerse tampoco en toda su magnitud, sin estar preparados á ello por nociones generales acerca de las fuerzas que animan al Universo. Tales son, el inmenso número de estrellas, ó mas bien, de soles dobles, que girando alrededor de un centro comun de gravedad, nos revelan la existencia de la atraccion newtoniana en los mas apartados mundos; la abundancia ó la rareza de las manchas del sol, es decir, de esas aberturas que se forman en las atmósferas luminosa y opaca de que su núcleo sólido está envuelto; las caidas irregulares de las estrellas errantes en el 13 de noviembre y dia de San Lorenzo, anillo de asteroides que cortan probablemente la órbita de la tierra, y se mueven con velocidad planetaria.

Si desde las regiones celestes descendemos á la tierra, deseamos concebir las relaciones que existen entre las oscilaciones del péndulo en un espacio lleno de aire, oscilaciones cuya teoría ha sido perfeccionada por Bessel, y la densidad de nuestro planeta; y preguntamos cómo el péndulo, haciendo las funciones de una sonda, nos ilumina hasta cierto punto acerca de la constitucion geológica de capas situadas á grandes profundidades. Obsérvase una asombrosa analogía entre la formacion de las rocas granuladas que componen corrientes de lava en la pendiente de los volca-

nes activos, y esas masas endógenas de granito, de pórfiro y de serpentina, que nacidas del seno de la tierra, quebrantan, como rocas de erupcion, los bancos secundarios modificándolos por contacto y haciéndolos mas duros por medio de la sílice que en ellos se introduce, ya reduciéndolos al estado de dolomia, ya en fin produciendo cristales de muy variada composicion. El levantamiento de islotes esporádicos, cúpulas de traquito y conos de basalto, por las fuerzas elásticas que emanan del interior fluido del globo, han llevado al primer geólogo de nuestro siglo, M. Leopoldo de Buch, á la teoría del levantamiento de los continentes y cadenas de montañas. Esta accion de las fuerzas subterráneas, la ruptura y la elevacion de los bancos de roca sedimentarias, de lo cual ha ofrecido un ejemplo reciente el litoral de Chile á consecuencia de un gran temblor de tierra, dejan entrever la posibilidad de que las conchas pelágicas halladas por M. Bonpland y por mí sobre la falda de los Andes, á mas de 4,600 metros de elevacion, hayan podido ser llevadas á esta altura, no por la intumescencia del Océano, sino por agentes volcánicos capaces de arrollar la costra reblandecida de la tierra.

Llamo *vulcanismo*, en el sentido mas general de la palabra, á toda accion que el interior de un planeta ejerce sobre su corteza esterior. La superficie de nuestro globo, y la de la luna manifiestan las huellas de esta accion, que por lo menos en nuestro planeta, ha variado en la sucesion de los siglos. Los que ignoran que el calor interior de la tierra aumenta rápidamente con la profundidad, y que á ocho ó nueve leguas de distancia (13) está en fusion el granito, no pueden formarse idea exacta de las causas y de la simultaneidad de erupciones volcánicas muy alejadas unas de las otras, de la estension y del cruzamiento de los *círculos de conmocion* que ofrecen los temblores de tierra, de la constancia de temperatura y de la igualdad de

composicion química observadas en las aguas termales durante una larga série de años. Tal es, sin embargo, la importancia de la cantidad de calórico propia de cada planeta, como resultado de su condensacion primitiva, que el estudio de esta cantidad de calórico, arroja á la vez alguna luz sobre la historia de la atmósfera y acerca de la distribucion de los cuerpos organizados escondidos en la corteza sólida de la tierra. De esta manera llegamos á concebir, cómo ha podido reinar antes sobre toda la tierra una temperatura tropical, independiente de la latitud y producida por las profundas grietas, largo tiempo abiertas despues del replegamiento y hundimiento de la corteza apenas consolidada, de dondc se exhalaba al calor interior. Este estudio nos enseña un antiguo estado de cosas, en el cual, la temperatura de la atmósfera, y los climas en general, se debian mas al desprendimiento de calórico y de diferentes emanaciones gaseosas, es decir, á la enérgica reaccion del interior hácia el esterior, que á la relacion de la posicion de la tierra frente á frente del cuerpo central, el sol.

Las regiones frias guardan depositadas en capas sedimentarias, los productos de los trópicos: en el terreno *hullero* están encerrados troncos de palmeras que quedaron en pie, y mezclados á coníferas, helechos arborescentes, goniatites, y peces de escamas romboidales huesosas (14); en el *calcáreo de Jura*, enormes esqueletos de cocodrilos y de plesiosauros, planulitas y troncos de cycádeas; en el *gredoso*, pequeños polythálamos y briozoarios, cuyas mismas especies viven aun en el seno de los mares actuales; en el *trípoleo*, ó esquisto sin pulir, el semi-ópalo y el ópalo harinoso, inmensas aglomeraciones de infusorios silíceos que Ehrenberg ha revelado con su microscopio vivificador; por último, en los *terrenos de transporte* y ciertas cavernas, huesos de elefantes, de hienas y de leones. Familiarizados como lo estamos hoy, con las grandes miras de la física del globo,

estas producciones de los climas cálidos, por encontrarse en el estado fósil en las regiones septentrionales, no escitan ya en nosotros una curiosidad estéril, sino que llegan á ser los mas dignos objetos de meditaciones y combinaciones nuevas.

La multitud y la variedad de los problemas que acab de indicar, dan orígen á la cuestion de saber si consideraciones generales pueden tener un grado suficiente de claridad, allá donde falta el estudio detallado y especial de la historia natural descriptiva, de la geología y de la astronomía matemática. Pienso que es necesario distinguir desde luego entre aquel que debe recoger las observaciones esparcidas y profundizarlas para esponer su enlace, y aquel á quien debe ser trasmitido este encadenamiento bajo la forma de resultados generales. El primero se impone la obligacion de conocer la especialidad de los fenómenos; es preciso que antes de llegar á la generalizacion de las ideas, haya recorrido, en parte al menos, el dominio de las ciencias; que haya observado, esperimentado y medido por sí mismo. No negaré que allá donde faltan los conocimientos positivos, los resultados generales que, en sus relaciones continuadas, dan tanto encanto á la contemplacion de la naturaleza, no pueden ser todos desarrollados, con el mismo grado de luz; pero me inclino á creer sin embargo, que en la obra que preparo sobre la física del mundo, la parte mas considerable de las verdades se presentará con toda evidencia, sin que sea necesario remontarse siempre á los principios y á las nociones fundamentales. Este cuadro de la naturaleza, aunque en muchas de sus partes presente contornos poco marcados, no será menos á propósito para fecundar la inteligencia, engrandecer la esfera de las ideas, y alimentar y vivificar la imaginacion.

Quizás no sin fundamento se ha criticado á muchas obras científicas de Alemania, el haber disminuido por la acumulacion de los detalles, la impresion y el valor de los

resultados generales; el no haber separado suficientemente estos grandes resultados que forman, por decirlo así, los puntos culminantes de las ciencias, de la larga enumeracion de los medios que han servido para obtenerlos. Esta censura ha hecho decir humorísticamente al mas ilustre de nuestros poetas (15): «Los Alemanes tienen el don de hacer inaccesibles las ciencias.» El edificio concluido, no puede producir el efecto que de él se espera, en tanto que esté obstruido por el andamio que ha sido preciso levantar para construirlo. Así pues, la uniformidad de figura que se observa en la distribucion de las masas continentales, que terminan todas hácia el Sur en forma de pirámide, y se ensanchan hácia el Norte (ley que determina la naturaleza de los climas, la direccion de sus corrientes en el Océano y en la atmósfera, el paso de ciertos tipos de vegetacion tropical á la zona templada austral), puede comprenderse con claridad, sin que se conozcan las operaciones geodésicas y astronómicas por las cuales han sido determinadas esas formas piramidales de los continentes. De la misma manera, la geografía física nos enseña en cuantas leguas es mayor el eje ecuatorial del globo que el eje polar; la igualdad media del aplanamiento de los dos hemisferios, sin que sea necesario esponer como se ha llegado á reconocer por la medicion de los grados del meridiano ó por observaciones del péndulo, que la verdadera figura de la tierra no es exactamente la de un elipsoide de revolucion regular, y que esta figura se refleja en las desigualdades de los movimientos lunares. Los grandes horizontes de la geografía comparada no han empezado á tomar solidez y brillo á la par, hasta la aparicion de la admirable obra titulada *Estudios de la tierra en sus relaciones con la naturaleza y con la historia del hombre*, en la cual Cárlos Ritter ha caracterizado con tanta fuerza la fisonomía de nuestro globo, y enseñado la influencia de su configuracion esterior, tanto en los fenómenos físicos que tienen lugar en su

superficie, cuanto en las emigraciones de los pueblos, sus leyes, sus costumbres y todos los principales fenómenos históricos de los cuales es teatro.

Francia posee una obra inmortal, *La Esposicion del sistema del mundo*, en la cual ha reunido el autor los resultados de los trabajos matemáticos y astronómicos mas sublimes, despojándolos del aparato de las demostraciones. La estructura de los cielos queda reducida en este libro á la solucion sencilla de un problema de mecánica. Sin embargo, *La Esposicion del sistema del mundo* de Laplace, no ha sido tachada hasta aquí de incompleta ni de falta de profundidad. Distinguir los materiales desemejantes, los trabajos que no tienden al mismo fin, separar las nociones generales de las observaciones aisladas, es el único medio de dar unidad á la física del mundo, de esclarecer los objetos, y de imprimir un carácter de grandeza al estudio de la naturaleza. Suprimiendo los detalles que distraen la atencion solo se consideran las grandes masas y se conoce por el pensamiento lo que pasa desapercibido á la debilidad de nuestros sentidos.

Es preciso añadir á estas consideraciones la de que la esposicion de los resultados está singularmente favorecida en nuestros dias, por la feliz revolucion que han esperimentado desde fines del siglo último, los estudios especiales y sobre todos la geología, la química y la historia natural descriptiva. A medida que se generalizan las leyes, y que las ciencias se fecundan mútuamente, que estendiéndose, se unen entre sí por lazos mas numerosos y mas íntimos, el desenvolvimiento de las verdades generales puede ser conciso sin llegar á ser superficial. En el principio de la civilizacion humana, todos los fenómenos aparecen aislados, la multiplicidad de las observaciones y la reflexion los aproximan, y hacen conocer su mútua dependencia. Si acontece, sin embargo, que en un siglo caracterizado como el

nuestro por los mas brillantes progresos, se nota en algunas ciencias falta de enlace de los fenómenos entre sí, deben esperarse descubrimientos tanto mas importantes, cuanto que esas mismas ciencias se han cultivado con una sagacidad de observaciones y una predileccion particulares. Asi sucede hoy con la metereología, varias partes de la óptica, y, desde los bellos trabajos de Melloni y de Faraday, con el estudio del calórico radiante y del electro-magnetismo. Queda por recoger en esto una rica cosecha, aunque la pila de Volta nos enseñe ya una relacion íntima entre los fenómenos eléctricos, magnéticos y químicos. ¿Quién se atreverá á afirmar hoy, que conocemos con precision la parte de atmósfera que no es oxígeno? ¿quién que las miles de sustancias gaseosas que obran sobre nuestros órganos no están mezcladas de azoe, ó que se haya descubierto el número total de las fuerzas que existen en el Universo?

No se trata en este ensayo de la física del mundo, de reducir el conjunto de los fenómenos sensibles á un pequeño número de principios abstractos, sin mas base que la razon pura. La física del mundo que yo intento esponer, no tiene la pretension de elevarse á las peligrosas abstracciones de una ciencia meramente racional de la naturaleza; es una *geografia física* reunida á la *descripcion de los espacios celestes* y de los cuerpos que llenan esos espacios. Estraño á las profundidades de la filosofía puramente especulativa, mi ensayo sobre el Cosmos es la contemplacion del Universo, fundada en un empirismo razonado; es decir, sobre el conjunto de hechos registrados por la ciencia y sometidos á las operaciones del entendimiento que compara y combina. Unicamente en estos límites la obra que he emprendido, entra en la esfera de los trabajos á los que he consagrado la larga carrera de mi vida científica. No me aventuro á penetrar en una esfera donde no sabria moverme con libertad, aunque otros puedan á su vez ensayarlo

con éxito. La unidad que yo trato de fijar en el desarrollo de los grandes fenómenos del Universo, es la que ofrecen las composiciones históricas. Todo cuanto se relacione con individualidades accidentales, con la esencia variable de la realidad, trátese de la forma de los séres y de la agrupacion de los cuerpos, ó de la lucha del hombre contra los elementos, y de los pueblos contra los pueblos, no puede ser deducido de solo las ideas, es decir, *racionalmente construido*.

Creo que la descripcion del Universo y la historia civil se hallan colocadas en el mismo grado de empirismo; pero sometiendo los fenómenos físicos y los acontecimientos al trabajo pensador, y remontándose por el razonamiento á sus causas, se confirma mas y mas la antigua creencia de que las fuerzas inherentes á la materia, y las que rigen el mundo moral, ejercen su accion bajo el imperio de una necesidad primordial, y segun movimientos que se renuevan periódicamente ó á desiguales intérvalos. Esta necesidad de las cosas, este encadenamiento oculto, pero permanente, esta renovacion periódica en el desenvolvimiento progresivo de las formas, de los fenómenos y de los acontecimientos, constituyen la *naturaleza*, que obedece á un primer impulso dado. La física, como su mismo nombre indica, se limita á esplicar los fenómenos del mundo material por las propiedades de la materia. El último objeto de las ciencias esperimentales es pues, elevarse á la existencia de las leyes, y generalizarlas progresivamente. Todo lo que va mas allá, no es del dominio de la física del mundo, y pertenece á un género de especulaciones mas elevadas. Manuel Kant, uno de los pocos filósofos que no han sido acusados de impiedad hasta aquí, ha señalado los límites de las esplicaciones físicas, con una rara sagacidad, en su célebre *Ensayo sobre la teoría y la construccion de los Cielos*, publicado en Kœnigsberg en 1755.

El estudio de una ciencia que promete conducirnos á

través de los vastos espacios de la creacion, semeja á un viaje á país lejano. Antes de emprenderle, se miden por lo comun, con desconfianza, las propias fuerzas y las del guia que se ha escogido. El temor que reconoce por causa la abundancia y la dificultad de las materias, disminuye, si se tiene presente, como hemos indicado mas arriba, que con la riqueza de las observaciones ha aumentado tambien, en nuestros dias, el conocimiento cada vez mas íntimo de la conexion de los fenómenos. Lo que en el círculo mas estrecho de nuestro horizonte, ha parecido mucho tiempo inesplicable, ha sido generalmente adornado de una manera inopinada por investigaciones hechas bajo lejanas zonas. En el reino animal, como en el reino vegetal, formas orgánicas que han permanecido aisladas, han sido unidas por cadenas intermedias, formas ó tipos de transicion. Especies, géneros, familias enteras, propias de un Continente, se presentan como reflejadas en formas análogas de animales y de plantas del continente opuesto, y así se completa la geografía de los séres. Son, por decirlo así, *equivalentes* que se suplen y se reemplazan en la gran série de los organismos. La transicion y el enlace se fundan sucesivamente, en una disminucion ó un desarrollo escesivo de ciertas partes, sobre soldaduras de órganos distintos, sobre la preponderancia que resulta de una falta de equilibrio en el balanceo de las fuerzas, sobre relaciones con formas intermedias, que lejos de ser permanentes, determinan solo ciertas fases de un desarrollo normal. Si de los cuerpos dotados de vida, pasamos al mundo inorgánico, encontraremos en él ejemplos que caracterizan en alto grado los progresos de la geología moderna. Reconoceremos, cómo despues de las grandes miras de Elías de Beaumont, las cadenas de montañas que dividen los climas, las zonas vegetales y las razas de los pueblos, nos revelan su *edad relativa*, ya sea por la naturaleza de los bancos sedimentarios que han levantado, ya

por las direcciones que siguen por largas grietas, sobre las cuales se ha hecho el rugamiento de la superficie del globo. Relaciones de yacimiento en las formaciones de traquito y de pórfiro sienítico, de diorita y de serpentina, que han permanecido dudosas en los terrenos auríferos de la Hungría, en el Oural, rico en platino, y en la pendiente sud-oeste del Altai siberiano, se encuentran definidos claramente por observaciones recogidas sobre las mesetas de Méjico y de Antioquía, y en los barrancos insalubres del Choco. Los materiales que la física general ha puesto en obra en los tiempos modernos, no han sido acumulados á la casualidad. Se ha reconocido por fin, y esta conviccion dá un carácter particular á las investigaciones de nuestra época, que las correrías lejanas, que no han servido durante largo tiempo mas que para suministrar la materia de cuentos aventureros, no pueden ser instructivas sino en tanto que el viajero conozca el estado de la ciencia cuyo dominio deba estender, y en cuanto que sus ideas guien á sus investigaciones y le inicien en el estudio de la naturaleza.

Por esta tendencia hácia las concepciones generales, peligrosa solamente en sus abusos, una parte considerable de conocimientos físicos ya adquiridos, puede llegar á ser propiedad comun de todas las clases de la sociedad; pero esta propiedad no tiene valor sino en tanto que la instruccion estendida, contraste, por la importancia de los objetos que trata y por la dignidad de sus formas, con las recopilaciones poco sustanciales que hasta el fin del siglo XVIII, se han conocido con el impropio nombre de *saber popular*. Quiero persuadirme, de que las ciencias espuestas en un lenguaje que se eleva á su altura, grave y animado á la vez, deben ofrecer, á los que, encerrados en el círculo estrecho de los deberes de la vida, se avergüenzan de haber sido largo tiempo estraños al comercio íntimo de la naturaleza, y de haber pasado indiferentes delante de ella, una

de las mas vivas alegrías que pueden esperimentarse, la de enriquecer el entendimiento con nuevas concepciones. Este comercio, por las emociones á que dá lugar, despierta, por decirlo así, en nosotros órganos que habian dormido largo tiempo. Asi llegamos á conocer de un golpe de vista estenso, lo que en los descubrimientos físicos engrandece la esfera de la inteligencia, y contribuye, por felices aplicaciones á las artes mecánicas y químicas, á desarrollar la riqueza nacional.

Un conocimiento mas exacto del enlace de los fenómenos nos libra tambien de un error, muy esparcido aun; cual es el de que bajo el respecto del progreso de las sociedades humanas y de su prosperidad industrial, todas las ramas del conocimiento de la naturaleza no tienen el mismo valor intrínseco. Establécense arbitrariamente grados de importancia entre las ciencias matemáticas, el estudio de los cuerpos organizados, el conocimiento del electro-magnetismo y la investigacion de las propiedades generales de la materia en sus diferentes estados de agregacion molecular. Despréciase locamente lo que se designa bajo el nombre de investigaciones puramente teóricas. Olvídase, y esta indicacion es sin embargo bien antigua, que la observacion de un fenómeno enteramente aislado en apariencia, encierra frecuentemente el gérmen de un gran descubrimiento. Cuando Aloysio Galvani escitó por vez primera la fibra nerviosa por el contacto accidental de dos metales heterogéneos, sus contemporáneos estaban bien lejos de esperar que la accion de la pila de Volta nos haria ver, en los álcalis, metales de brillo de plata, nadando sobre el agua y eminentemente inflamables; que la misma pila llegaria á ser un instrumento poderoso de análisis química, un termóscopo y un iman. Cuando Huygens observó por primera vez en 1678, un fenómeno de polarizacion, ó sea la diferencia que existe entre los dos rayos en que se divide

un haz de luz, al atravesar un cristal de doble refraccion, no se previa que, siglo y medio despues, el gran descubrimiento de la *polarizacion cromática*, de M. Arago, llevaría á este astrónomo-físico á resolver, por medio de un pequeño fragmento de espato de Islandia, las importantes cuestiones de saber si la luz emana de un cuerpo sólido ó de una envuelta gaseosa, y si la que los cometas nos envian es propia ó reflejada (16).

Una estimacion igual hácia todas las ramas de las ciencias matemáticas, físicas y naturales, es necesidad de una época en que la riqueza material de las naciones y su prosperidad creciente, están principalmente fundadas en un empleo mas ingenioso y mas racional de las producciones y de las fuerzas de la naturaleza. Basta arrojar una rápida mirada sobre el estado actual de la Europa para reconocer que, en medio de esta lucha desigual de los pueblos que rivalizan en la carrera de las artes industriales, el aislamiento y una lentitud perezosa, tienen indudablemente por efecto la disminucion ó el total aniquilamiento de la riqueza nacional. Sucede en la vida de los pueblos, como en la naturaleza, en la cual, segun feliz espresion de Gœthe (17), «el desarrollo y el movimiento no conocen punto de parada, lanzando su maldicion á todo lo que suspende la vida.» La propagacion de graves estudios científicos contribuirá á alejar los peligros que aquí señalo. El hombre no tiene accion sobre la naturaleza ni puede apropiarse ninguna de sus fuerzas, sino en tanto que aprenda á medirlas con precision, á conocer las leyes del mundo físico. El poder de las sociedades humanas, Bacon lo ha dicho, es la inteligencia; este poder se eleva y se hunde con ella. Pero el saber que resulta del libre trabajo del pensamiento no es únicamente uno de los goces del hombre, es tambien el antiguo é indêstructible derecho de la humanidad; figura entre sus riquezas, y es frecuentemente la

compensacion de los bienes que la naturaleza ha repartido con parsimonia sobre la tierra. Los pueblos que no toman una parte bastante activa en el movimiento industrial, en la eleccion y preparacion de las primeras materias, en las aplicaciones felices de la mecánica y de la química, en los que esta actividad no penetra todas las clases de la sociedad, deben infaliblemente caer de la prosperidad que hubieren adquirido. El empobrecimiento es tanto mas rápido cuanto que Estados limítrofes rejuvenecen sus fuerzas por la dichosa influencia de las ciencias sobre las artes.

Del mismo modo que, en las elevadas esferas del pensamiento y del sentimiento, en la filosofía, la poesía y las bellas artes, es el primer fin de todo estudio un objeto interior, el de ensanchar y fecundizar la inteligencia, es tambien el término hácia el cual deben tender las ciencias directamente, el descubrimiento de las leyes, del principio de unidad que se revela en la vida universal de la naturaleza. Siguiendo la senda que acabamos de trazar, los estudios físicos no serán menos útiles á los progresos de la industria, que tambien es una noble conquista de la inteligencia del hombre sobre la materia. Por una feliz conexion de causas y de efectos, generalmente aun sin que el hombre lo haya previsto, lo verdadero, lo bello y lo bueno se encuentran unidos á lo útil. El mejoramiento de los cultivos entregados á manos libres y en las propiedades de una menor estension; el estado floreciente de las artes mecánicas, libres de las trabas que les oponia el espíritu de corporacion; el comercio engrandecido y vivificado por la multiplicidad de los medios de contacto entre los pueblos, tales son los resultados gloriosos de los progresos intelectuales y del perfeccionamiento de las instituciones políticas en las cuales este progreso se refleja. El cuadro de la historia moderna es, bajo este respecto, capaz de convencer á los mas porfiados.

No temamos tampoco que la direccion que caracteriza á nuestro siglo, que la prediteccion tan señalada por el estudio de la naturaleza y el progreso de la industria, tengan por efecto necesario debilitar los nobles esfuerzos que se producen en el dominio de la filosofía, de la historia, y del conocimiento de la antigüedad; que tiendan á privar las producciones de las artes, encanto de nuestra existencia, del soplo vivificador de la imaginacion. Por todas partes donde, bajo la égida de instituciones libres y de una sábia legislacion, pueden desarrollarse francamente todos los gérmenes de la civilizacion, no es de temer que una rivalidad pacífica perjudique á ninguna de las creaciones del espíritu. Cada uno de estos desarrollos ofrece frutos preciosos al Estado, los que dan alimento al hombre y fundan su riqueza física, y los que, mas duraderos, trasmiten la gloria de los pueblos á la posteridad mas lejana. Los Espartacos, á pesar de su austeridad dórica, rogaban á los dioses «la concesion de las cosas bellas, con las buenas.» (18).

No desarrollaré mas ámpliamente estas consideraciones, tan frecuentemente espuestas, sobre la influencia que ejercen las ciencias matemáticas y físicas en todo lo que se relacione con las necesidades materiales de la sociedad. La carrera que debo recorrer es demasiado estensa para que me permita insistir aquí sobre la utilidad de las aplicaciones. Acostumbrado á lejanas correrías, quizás cometa el error de pintar la senda como mas fácil y mas agradable que lo es realmente; conocida costumbre de los que quieren guiar á los demás hasta los vértices de las altas montañas. Elogian la vista de que se disfruta, aun cuando quede oculta por las nubes una gran estension de llanuras; saben que un velo vaporoso y semi-diáfano tiene un encanto misterioso, que la imagen de lo infinito une el mundo de los sentidos con el mundo de las ideas y de las emociones. Del mismo modo tambien, desde la altura que

se eleva la física del mundo, no se presenta el horizonte igualmente claro y determinado en todas sus partes; pero lo que puede quedar vago y velado, no lo está únicamente por consecuencia del estado de imperfeccion de algunas ciencias; sino mas aun por falta del guia que ha pretendido imprudentemente elevarse hasta esas alturas.

Por otra parte, la introduccion del Cosmos no tenia por objeto hacer valer la importancia y grandeza de la física del mundo, que nadie pone en duda en nuestros dias. He querido únicamente probar que, sin perjudicar á la solidez de los estudios especiales, pueden generalizarse las ideas, concentrádolas en un foco comun, enseñar las fuerzas y los organismos de la naturaleza, como movidos y animados por un mismo impulso. «La naturaleza, dice Schelling en su poético discurso sobre las artes, no es una masa inerte; es para aquel que sabe penetrarse de su sublime grandeza, la fuerza creadora del Universo, agitándose sin cesar, primitiva, eterna, que engendra en su propio seno, todo lo que existe perece y renace sucesivamente.»

Ensanchando los límites de la física del globo, reuniendo bajo un mismo punto de vista los fenómenos que presenta la tierra con los que abarcan los espacios celestes, llégase á la ciencia del Cosmos, es decir, que se convierte la física del globo en una física del mundo. Una de estas denominaciones, está formada á imitacion de la otra, pero la ciencia del Cosmos no es la agregacion enciclopódica de los resultados mas generales y mas importantes que suministran los estudios especiales. Estos resultados no dan mas que los materiales de un vasto edificio; su conjunto no podria constituir la física del mundo, ciencia que aspira á hacer conocer la accion simultánea y el vasto encadenamiento de las fuerzas que animan al Universo. La distribucion de los tipos orgánicos segun sus relaciones de latitud, de altura, y de climas, en otros términos, la Geografía de las plantas y

de los animales, es diferente en todo de la botánica y de la zoología descriptivas, como lo es la geología de la mineralogía propiamente dicha. La física del mundo no puede por consiguiente, confundirse con las *Enciclopédias de las ciencias naturales* publicadas hasta aquí, y cuyo título es tan vago, cuanto mal trazados están sus límites. En la obra que nos ocupa, los hechos parciales, no serán considerados mas que en sus relaciones con el todo. Cuanto mas elevado es este punto de vista tanto mas reclama la esposicion de nuestra ciencia un método que le sea propio, un lenguaje animado y pintoresco.

En efecto, el pensamiento y el lenguaje están entre sí en una íntima y antigua alianza. Cuando por la originalidad de su estructura y su riqueza nativa, la lengua llega á dar encanto y claridad á los cuadros de la naturaleza; y cuando por la flexibilidad de su organizacion se presta á pintar los objetos del mundo esterior, estiende al mismo tiempo como un soplo de vida sobre el pensamiento. Por este mútuo reflejo, la palabra es mas que un signo ó la forma del pensamiento. Su bienhechòra influencia se manifiesta sobre todo en presencia del suelo natal, por la accion espontánea del pueblo, de la cual es viva espresion. Orgulloso de una pátria que busca la concentracion de su fuerza en la unidad intelectual, quiero recordar, volviendo sobre mí mismo, las ventajas que ofrece al escritor el empleo del idioma que le es propio, el único que puede manejar con alguna desenvoltura. ¡Feliz él, si al esponer los grandes fenómenos del Universo, le es dado penetrar en las profundidades de una lengua que, desde hace siglos, ha influido poderosamente en los destinos humanos, por el libre vuelo del pensamiento, asi como por las obras de la imaginacion creadora!

LÍMITES Y MÉTODOS DE ESPOSICION DE LA DESCRIPCION FÍSICA DEL MUNDO.

En las precedentes consideraciones he tratado de esponer, y aclarar por medio de algunos ejemplos, de qué modo los goces que ofrece el aspecto de la naturaleza, tan diversos en sus orígenes, se han acrecentado y ennoblecido por el conocimiento de la conexion de los fenómenos y de las leyes que los rigen. Réstame examinar el espíritu del método que debe presidir á la exposicion de la *descripcion física del mundo*; indicar los límites á que cuento circunscribir la ciencia, segun las ideas que se me han presentado durante el curso de mis estudios y bajo los diferentes climas que he recorrido. ¡Séame lícito lisonjearme con la esperanza de que una discusion de este género justificará el título imprudentemente dado á mi obra, poniéndome á cubierto de toda censura sobre una presuncion que seria doblemente reprensible en trabajos científicos! Antes de presentar el cuadro de los fenómenos parciales, y distribuirlos en grupos, trataré las cuestiones generales que, íntimamente unidas entre sí, interesan á nuestros conocimientos acerca del mundo esterior, en sí mismos y en las relaciones que estos conocimientos muestran, en todas las épocas de la historia, con las diferentes fases de cultura intelectual de los pueblos. Estas cuestiones tienen por objeto :

1.° Los precisos limites de la descripcion física del mundo, como ciencia distinta.

2.° La rápida enumeracion de la totalidad de los fenómenos naturales, bajo la forma de *un cuadro general de la naturaleza*.

3.° La influencia del mundo esterior sobre la imaginacion y el sentimiento; influencia que ha dado en los tiempos modernos un poderoso impulso al estudio de las ciencias naturales, por la animada descripcion de lejanas regiones, por la pintura de paisaje, siempre que caracterice la fisonomía de los vegetales, por las plantaciones ó la disposicion de las formas vegetales exóticas en grupos que entre sí contrasten.

4.° La historia de la contemplacion de la naturaleza, ó el desarrollo progresivo de la idea del *Cosmos*, segun la esposicion de los hechos históricos y geográficos que nos han llevado á descubrir el enlace de los fenómenos.

Cuanto mas elevado es el punto de vista desde el cual la física del mundo considera los fenómenos, es tanto mas necesario circunscribir la ciencia á sus verdaderos límites, separándola de todos los conocimientos análogos ó auxiliares. La descripcion física del mundo se funda en la contemplacion de la universalidad de las cosas creadas; de cuanto coexiste en el espacio concerniente á sustancias y fuerzas; y de la simultaneidad de los séres materiales que constituyen el Universo. La ciencia que trato de definir tiene, por consiguiente, para el hombre, habitante de la tierra, dos partes distintas: la tierra propiamente dicha, y los espacios celestes. Con objeto de hacer ver el carácter propio é independiente de la descripcion física del mundo, y para indicar al mismo tiempo la naturaleza de sus relaciones con la *Física general*, con la *Historia natural descriptiva*, la *Geología* y la *Geografía comparada*, voy á detenerme en primer lugar y preferentemente en la parte de la ciencia del *Cosmos* que concierne á la tierra. Así como la historia de la filosofía no consiste en la enumeracion, en cierto modo material, de las opiniones filosóficas que son producto de las diferentes edades, de igual manera la descripcion física del mundo no podria ser una

simple asociacion enciclopédica de las ciencias que acabamos de nombrar. La confusion entre conocimientos íntimamente relacionados, es tanto mayor, cuanto que desde hace ya siglos nos hemos acostumbrado á designar grupos de nociones empíricas por denominaciones ora escesivamente latas, ora muy limitadas, con relacion á las ideas que debian espresar. Estas denominaciones ofrecen además la gran desventaja de tener un diferente sentido en las lenguas de la antigüedad clásica de las cuales fueron tomadas. Los nombres de fisiología, física, historia natural, geología y geografía, nacieron y comenzaron á usarse habitualmente mucho antes de que hubiera ideas claras de la diversidad de los objetos que estas ciencias debian abrazar, es decir, antes de su recíproca limitacion. Es tal la influencia de una larga costumbre en las lenguas, que, en una de las naciones europeas mas avanzadas en civilizacion, la palabra *física* se aplica á la medicina, en tanto que la química técnica, la geología y la astronomía, ciencias puramente esperimentales, se cuentan entre los *trabajos filosóficos* de una Academia cuyo renombre es justamente universal.

Háse intentado con frecuencia, y casi siempre en vano, sustituir á las denominaciones antiguas, vagas indudablemente, pero en general comprendidas hoy, nuevos y mas adecuados nombres. Estos cambios han sido propuestos sobre todo por los que se han ocupado en la clasificacion general de los conocimientos humanos, desde la gran Enciclopédia *(Margarita philosóphica)* de Gregorio Reisch (19), prior de la Cartuja de Friburgo, á fines del siglo XV, hasta el canciller Bacon, desde Bacon hasta D' Alembert, y en estos últimos tiempos, hasta el físico sagacísimo Andrés María Ampere (20). La eleccion de una nomenclatura griega, poco apropiada, ha podido ser quizás mas perjudicial aun á esta última tentativa, que el abuso de

las divisiones binarias y la escesiva multiplicidad de los grupos.

La descripcion del mundo, considerado como objeto de los sentidos esteriores, necesita indudablemente del concurso de la física general, y de la historia natural descriptiva; pero la contemplacion de las cosas creadas, enlazadas entre sí y formando un *todo* animado por fuerzas interiores, dá á la ciencia que nos ocupa en esta obra un carácter particular. La física se detiene en las propiedades generales de los cuerpos; es el producto de la abstraccion, la generalizacion de los fenómenos sensibles. Ya en la obra donde se consignaron las primeras bases de la física general, en los ocho libros físicos de Aristóteles (21), todos los fenómenos de la naturaleza se consideran como dependiendo de la accion primitiva y vital de una fuerza única, principio de todo movimiento en el Universo. La parte terrestre de la física del mundo, á la que conservaria de buen grado la antigua y perfectamente espresiva denominacion de *Geografía física*, trata de la distribucion del magnetismo en nuestro planeta, segun las relaciones de intensidad y de direccion; pero no se ocupa de las leyes que ofrecen las atracciones ó repulsiones de los polos, ni de los medios de producir corrientes electro-magnéticas, permanentes ó pasageras. La geografía física traza á mas á grandes rasgos la configuracion compacta ó articulada de los Continentes, la estension de su litoral comparado con su superficie, la division de las masas continentales en los dos hemisferios, division que ejérce una influencia poderosa sobre la diversidad de clima, y las modificaciones metereológicas de la atmósfera; señala el carácter de las cadenas de montañas, que, levantadas en diferentes épocas, forman sistemas particulares, ya paralelos entre sí, ya divergentes y cruzados; examina la altura media de los Continentes sobre el nivel de los mares y la posicion del centro de gravedad de su

volúmen, la relacion entre el punto culminante de una cadena de montañas y la altura media de su cresta ó su proximidad á un litoral cercano. Describe tambien las rocas de erupcion como principios de movimiento, puesto que obran sobre las rocas sedimentarias que atraviesan, levantan é inclinan; contempla los volcanes ora se encuentren aislados, ó colocados en séries ya sencilla, ya doble, ora estiendan á diferentes distancias la esfera de su actividad, bien sea por las rocas que en estribos largos y estrechos producen, bien removiendo el suelo por círculos que aumentan ó disminuyen de diámetro en la marcha de los siglos. La parte terrestre de la ciencia del *Cosmos* describe, por último, la lucha del elemento líquido con la tierra firme; espone cuanto tienen de comun los grandes rios en su curso superior ó inferior, y en su bifurcacion, cuando su cauce aun no está enteramente cerrado; presenta las corrientes de agua quebrando las mas elevadas cadenas de montañas, ó siguiendo durante largo tiempo un curso paralelo á ellas, ya en su pié, ya á grandes distancias, cuando el levantamiento de las capas de un sistema de montañas y la direccion del rugamiento, son conformes á la que siguen los bancos mas ó menos inclinados de la llanura. Los resultados generales de la *Orografía* y de la *Hidrografía* comparadas, pertenecen únicamente á la ciencia de la cual quiero determinar aquí los límites reales; pero la enumeracion de las mayores alturas del globo, el cuadro de los volcanes, todavía en actividad, la division del suelo en depósitos de agua y la multitud de rios que los surcan, todos estos detalles son del dominio de la geografía propiamente dicha. No consideramos aquí los fenómenos sino en su mútua dependencia, en las relaciones que presentan con las diferentes zonas de nuestro planeta, y su constitucion física en general. Las especialidades de la materia bruta ú organizada, clasificadas segun la analogía de formas y de composicion, son indudablemente

un estudio del mayor interés; pero estan unidas á una esfera de ideas completamente distintas de las que constituyen el objeto de esta obra.

Las descripciones de paises diversos ofrecen materiales muy importantes para la composicion de una geografía física; sin embargo, la reunion de estas descripciones, aun ordenadas en séries, no nos daria una imágen verdadera de la conformacion general de la superficie poliédrica de nuestro planeta; como las floras de las diferentes regiones, colocadas las unas á continuacion de las otras, tampoco formarian lo que designo bajo el nombre de *Geografía de las plantas*. Por la aplicacion del pensamiento á las observaciones aisladas; por las miras del espíritu que compara y combina, llegamos á descubrir en la individualidad de las formas orgánicas, es decir, en la historia natural descriptiva de las plantas y de los animales, los caractéres comunes que puede presentar la distribucion de los séres, segun los climas; la induccion es la que nos revela las leyes numéricas segun las cuales se regulan la proporcion de las familias naturales con la suma total de las especies, y la latitud ó posicion geográfica de las zonas donde cada forma orgánica alcanza en las llanurasel máximun de su desarrollo. Estas consideraciones asignan, merced á la generalizacion de sus miras, un carácter mas elevado á la descripcion física del globo; y es efectivamente de esta reparticion local de formas, del número y crecimiento mas vigoroso de las que predominan en la masa total, de lo que dependen el aspecto del paisaje y la impresion que nos deja la fisonomía de la vegetacion.

Los catálogos de los séres organizados, á que se daba otras veces el pomposo título de *Sistemas de la Naturaleza*, nos ponen de manifiesto un admirable enlace de analogías de estructura, ya en el desarrollo muy completo de esos séres, ya en las diferentes fases que re-

corren segun una *evolucion* en espiral, de un lado las hojas, las brácteas, el cáliz, la corola y los órganos fecundantes; del otro, con mayor ó menor simetría, los tejidos celulares y fibrosos de los animales, sus partes articuladas ó debilmente bosquejadas; pero todos estos pretendidos sistemas de la naturaleza, ingeniosos en sus clasificaciones, no nos hacen ver los séres distribuidos por grupos en el espacio, con respecto á las diferentes relaciones de latitud y altura á que estan colocados sobre el nivel del Océano, y segun las influencias climatológicas que esperimentan en virtud de causas generales, y las mas de las veces muy remotas. El objeto final de una geografía física, es sin embargo, como lo hemos enunciado mas arriba, reconocer la unidad en la inmensa variedad de los fenómenos, descubrir, por el libre ejercicio del pensamiento y combinando las observaciones, la constancia de los fenómenos, en medio de sus variaciones aparentes. Si en la esposicion de la parte terrestre del *Cosmos*, debe descenderse alguna vez á hechos muy especiales, es solo para recordar la conexion que tienen las leyes de la distribucion real de los séres en el espacio, con las leyes de la clasificacion ideal por familias naturales, por analogía de organizacion interna y de evolucion progresiva.

Resulta de estas discusiones sobre los límites de las ciencias, y en particular sobre la distincion necesaria entre la botánica descriptiva ó morfologia vegetal, y la geografía de las plantas, que, en la física del globo, la innumerable multitud de cuerpos organizados que embellecen la creacion, es considerada mas bien por *zonas de habitacion* ó de *estaciones*, por *bandas isotérmicas* de inflexiones diferentes, que por los principios de gradacion en el desarrollo del organismo interior. Sin embargo, la botánica y la zoología, que componen la historia natural descriptiva de los cuerpos organizados, no dejan de ser manantiales fecundos que

ofrecen materiales sin los cuales el estudio de las relaciones y del enlace de los fenómenos no tendria sólido fundamento.

Una observacion importante hay que añadir para demostrar claramente este enlace. A primera vista, al abrazar de una ojeada la vegetacion de un Continente en vastos espacios, vénse las formas mas desemejantes, como las gramíneas y las orquídeas, los árboles coníferos y las encinas, próximas unas á otras; y se ven por el contrario las familias naturales y los géneros, que lejos de formar asociaciones locales, están dispersos como al azar. Esta dispersion no obstante, es aparente. La descripcion física del globo nos muestra que el conjunto de la vegetacion presenta numéricamente en el desarrollo de sus formas y de sus tipos, relaciones constantes; que bajo iguales climas, las especies que faltan á un pais estan reemplazadas en el próximo por especies de una misma familia; y que esta *ley de sustituciones* que parece consistir en los misterios mismos del organismo originario, mantiene en las regiones limítrofes la relacion numérica de las especies de tal ó cual gran familia, con la masa total de las fanerógamas que componen las dos floras. Asi es como se revela, en la multiplicidad de las organizaciones distintas que las pueblan, un principio de unidad, un plan primitivo de distribucion. Puede tambien reconocerse bajo cada zona diversificada, segun las familias de plantas que produce, una accion lenta pero continua sobre el Océano aéreo, accion que depende de la influencia de la luz, primera condicion de toda vitalidad orgánica en la superficie sólida y líquida de nuestro planeta. Diríase, valiéndonos de una bella frase de Lavoisier[1], que se renueva sin cesar á nuestra vista la antigua maravilla del mito de Prometeo.

Si aplicamos el método que tratamos de seguir en la esposicion de la descripcion física de la tierra, á la parte

sideral de la ciencia del Cosmos, es decir, á la descripcion de los espacios celestes y á los cuerpos que los pueblan, habremos simplificado en mucho nuestro trabajo. Si se quiere, siguiendo una antigua costumbre á la cual nos obligaran un dia á renunciar miras mas filosóficas, distinguir la *física*, es decir, las consideraciones generales sobre la esencia de la materia y las fuerzas que le imprimen el movimiento, de la *química*, que se ocupa de la heterogeneidad de las sustancias, de su composicion elemental, y de atracciones que no estan determinadas solo por las relaciones de las masas, preciso es convenir en que la descripcion de la tierra presenta acciones *físicas* y *químicas* á la vez. Al lado de la gravitacion, que debe considerarse como la fuerza primitiva de la naturaleza, obran á nuestro alrededor, en el interior ó en la superficie de nuestro planeta, atracciones de otro género. Son estas las que se ejercen entre las moléculas en contacto, ó separadas á distancias infinitamente pequeñas (22); fuerzas de *afinidad química* que modificadas distintamente por la electricidad, el calórico, la condensacion en los cuerpos porosos, ó el contacto de una sustancia intermedia, animan igualmente el mundo inorgánico y los tejidos de los animales y de las plantas. Si esceptuamos los pequeños asteroides que se nos aparecen bajo las formas de aerolito, bólides y estrellas errantes, los espacios celestes no ofrecen hasta ahora á nuestra observacion directa, mas que fenómenos físicos; aun no podemos juzgar con certeza, sino de los efectos que dependen de la cantidad de materia ó de la distribucion de las masas. Los fenómenos de los espacios celestes deben, por consiguiente, considerarse como sometidos á las simples leyes dinámicas del movimiento. Los efectos que podrian nacer de la diferencia específica, de la heterogeneidad de la materia, no han sido hasta aquí objeto de cálculo para la mecánica de los cielos.

El habitante de la tierra no se pone en relacion con la materia que contienen los espacios celestes, ya esté diseminada, ó reunida en grandes esferoides, sino por dos caminos; por los fenómenos de luz (propagacion de las ondas luminosas), ó por la influencia que ejerce la gravitacion universal (atraccion de las masas). La existencia de acciones periódicas del sol y de la luna sobre el magnetismo terrestre son hasta hoy muy dudosas. Ninguna esperiencia directa arroja luz sobre las propiedades ó cualidades específicas de las masas que circulan por los espacios celestes, y sobre las de las materias que quizá los llenan por completo, á no ser, como acabamos de enunciar, respecto de los aerolitos ó piedras meteóricas que se mezclan á las sustancias terrestres. Basta recordar aquí lo que puede deducirse de su direccion y de su enorme velocidad de proyeccion, velocidad esencialmente planetaria, á saber: que dichas masas, rodeadas de vapores y al llegar al estado de incandescencia, son pequeños cuerpos celestes atraidos por la accion de nuestro planeta fuera de su primitivo camino. El aspecto, tan familiar á nuestra vista, de estos asteroides, la analogía que ofrecen con los minerales que componen la corteza de nuestro globo, tienen sin duda algo de sorprendente; pero la única consecuencia que puede deducirse en mi juicio, es que en general los planetas y las otras masas que bajo la influencia de un cuerpo central se han aglomerado en anillos de vapores, y despues en esferoides, son como partes integrantes de un mismo sistema y tienen un mismo orígen, y pueden ofrecer tambien una asociacion de sustancias químicamente idénticas. Hay mas todavía: las esperiencias del péndulo, y particularmente las hechas con tan rara precision por Bessel, confirman el axioma newtoniano, de que los cuerpos mas heterogéneos en su composicion (el agua, el oro, el cuarzo, la caliza granulada y diferentes masas de aerolitos) esperimentan por la atrac-

cion de la tierra, una aceleracion enteramente semejante. Unénse á las observaciones del péndulo pruebas obtenidas por observaciones puramente astronómicas. La casi identidad de la masa de Júpiter, deducida de la accion que ejerce este gran planeta sobre sus satélites, sobre el cometa de Encke de corto periodo, y sobre los pequeños planetas (Vesta, Juno, Ceres y Palas), dá igualmente la certeza de que, en los límites de nuestras actuales observaciones, la atraccion está determinada por la sola cantidad de la materia (23).

La carencia de percepciones sobre la heterogeneidad de la materia, que se obtiene de la observacion directa y consideraciones teóricas, dá á la mecánica de los cielos un alto grado de simplicidad. Sujeta la estension inconmensurable de los espacios celestes á la sola ciencia del movimiento, la parte sideral del Cosmos bebe en las fuentes puras y fecundas de la astronomía matemática, como la parte terrestre en las de la física, química y morfología orgánica; pero el dominio de estas tres últimas ciencias abraza fenómenos de tal modo complicados, y hasta el dia tan poco susceptibles de métodos rigorosos, que la física del globo no podria vanagloriarse aquí de la certeza, simplicidad en la esposicion de los hechos y de su mútuo encadenamiento, que es lo que caracteriza la parte celeste del *Cosmos*. La diferencia que señalamos en este momento, quizás sirva de esplicacion al por qué, en los primeros tiempos de la cultura intelectual de los Griegos, la filosofía de la naturaleza de los Pitágoricos se dirigió con mas ardor hácia los astros y los espacios celestes, que hácia la tierra y sus producciones; y cómo, merced á Philolao, y despues por los deseos análogos de Aristarco de Samos, y de Seleuco de Erytrea, ha llegado á ser mas provechosa al conocimiento del verdadero sistema del mundo, que haya podido serlo jamás para la física de la tierra, la filosofía de la na-

turaleza de la escuela jónica. Atendiendo poco á las propiedades y á las diferencias específicas de las materias que llenan los espacios, la gran escuela itálica en su gravedad dórica, miraba preferentemente cuanto se refiere á las medidas, á la configuracion de los cuerpos, á las distancias de los planetas y á los números (24); en tanto que los físicos de Jonia se detenian en las cualidades de la materia, en sus transformaciones verdaderas ó supuestas, y en sus relaciones de orígen. Al poderoso genio de Aristóteles, tan profundamente especulativo y práctico á la vez, le estaba reservado el profundizar con igual éxito el mundo de las abstracciones y el mundo de las realidades materiales, que encierra fuentes inagotables de movimiento y de vida.

Muchos y de los mas notables tratados de geografía física, ofrecen en sus introduciones una parte esclusivamente astronómica destinada á describir ante todo la tierra en su dependencia planetaria, y como formando parte del gran sistema que anima el cuerpo central del Sol. Esta marcha de ideas es diametralmente opuesta á la que yo me propongo seguir. Para comprender bien la grandeza del mundo no debe subordinarse la parte sideral, llamada por Kant *Historia natural del cielo*, á la parte terrestre. En el Cosmos, segun antigua espresion de Aristarco de Samos, que presentia el sistema de Copérnico, el Sol no es otra cosa, con sus satélites, sino una de las innumerables estrellas que llenan los espacios. La descripcion de estos espacios, la física del mundo, ha de empezar por los cuerpos celestes, por el trazado gráfico del Universo, mejor dicho, por un verdadero *mapa del mundo*, tal como la mano atrevida de William Herschell intentó trazarlo. Si á pesar de la pequeñez de nuestro planeta, lo que le concierne exclusivamente ocupa en esta obra el lugar mas importante, y se encuentra desarrollado con mayor precision, depende esto únicamente de la desproporcion de nuestros conocimientos entre lo que es

asequible á la observacion y lo que de ella escapa. Esta subordinacion de la parte celeste á la terrestre, se encuentra ya en la gran obra de Bernardo Varenio (25), que apareció á mediados del siglo XVII. Fué el primero que distinguió la geografía *general* y la geografía *especial*, subdividiendo la primera en geografía *absoluta*, es decir, propiamente *terrestre*, y en geografía *relativa* ó *planetaria*, segun que se mire á la superficie de la tierra en sus diferentes zonas, ó las relaciones de nuestro planeta con el sol y la luna. Es un justo título de gloria para Varenio, que su *Geografía general y comparada* pudiera fijar, como fijó, en alto grado la atencion de Newton. Segun el imperfecto estado de las ciencias auxiliares de que debia valerse, el resultado no podia corresponder á la magnitud de la empresa. Estaba reservado á nuestro tiempo, y á mi patria, ver trazar á Carlos Ritter el cuadro de la geografía comparada en toda su estension, y en su íntima relacion con la historia del hombre (26).

La enumeracion de los mas importantes resultados de las ciencias astronómicas y físicas, que, en el Cosmos, converjen hácia un foco comun, legitima hasta cierto punto el título que he dado á mi obra. Quizás sea el título mas temerario que la empresa misma, circunscrita á los límites que la he fijado. La introduccion de nombres nuevos, sobre todo cuando se trata de las miras generales de una ciencia que debe estar al alcance de todos, ha sido hasta ahora muy contraria á mis costumbres; nada he añadido á la nomenclatura, sino allí donde en las especialidades de la botánica y de la zoología descriptivas, objetos reseñados por primera vez, han hecho indispensables nombres nuevos. Las denominaciones de *Descripcion física del mundo*, ó *Física del mundo*, de que me valgo indistintamente, estan formadas sobre las de *Descripcion física de la tierra* ó *física del globo*, es decir, *Geografía física*, desde largo

tiempo tenidas en uso. Uno de los génios mas poderosos, Descartes, dejó algunos fragmentos de la gran obra que pensaba publicar bajo el título de *Mundo*, y para la cual se habia dedicado á estudios especiales, incluso el de la anatomía del hombre. La espresion poco comun, pero precisa, de *Ciencia del Cosmos*, recuerda al espíritu del habitante de la tierra, la idea de que se trata aquí de un horizonte mas vasto, de la reunion de cuanto llena el espacio, desde las mas lejanas nebulosas hasta los ligeros tejidos de materia vegetal, repartidos segun los climas, que tapizan y coloran diversamente las rocas.

Bajo la influencia de las limitadas aspiraciones propias de la infancia de los pueblos, las ideas de *tierra* y de *mundo* han sido confundidas desde el principio en el uso de todos los idiomas. Las vulgares espresiones: *Viajes alrededor del mundo*, *mapa-mundi*, *nuevo-mundo*, son ejemplos de esta confusion. Las mas exactas y mas nobles de *Sistema del mundo*, *mundo planetario*, *creacion y edad del mundo*, se refieren unas, á la totalidad de las materias que llenan los espacios celestes, otras, al orígen del Universo entero.

Parece natural que en medio de la estremada variabilidad de los fenómenos que ofrecen la superficie del globo y el Océano aéreo que la envuelve, haya admirado al hombre el aspecto de la bóveda celeste, y los movimientos arreglados y uniformes del sol y de los planetas. Tambien la palabra *Cosmos* indicaba primitivamente, en los tiempos homéricos, las ideas de *adorno y órden* á la vez; pasó mas tarde al lenguaje científico, y se aplicó progresivamente á la armonía que se observa en las movimientos de los cuerpos celestes, al órden que reina en el Universo entero, al mundo mismo en el cual este órden se refleja. Segun la asercion de Philolao, cuyos fragmentos ha comentado M. Bœckh con rara sagacidad, y segun el testimonio general de toda la antigüedad, fué Pitágoras el primero que

se sirvió de la palabra Cosmos para designar el órden que reina en el Universo, y el Universo ó el mundo mismo (27). De la escuela de la filosofía itálica, la espresion pasó en este sentido al idioma de los poetas de la naturaleza, Parménides y Empédocles, y de allí al uso de los prosistas. No discutiremos aquí cómo segun estas ideas pitagóricas, distingue Philolao entre el Olimpo, Urano ó el Cielo, y el *Cosmos*; cómo la misma palabra está empleada en plural para designar ciertos cuerpos celestes (los planetas) que circulan alrededor del *foco central del mundo*, ó grupos de estrellas. En mi obra, la palabra Cosmos está tomada como la prescriben el uso helénico, posterior á Pitágoras, y la definicion muy exacta dada en el Tratado *del mundo* que falsamente se ha atribuido á Aristóteles; es el conjunto del cielo y de la tierra, la universalidad de las cosas que componen el mundo sensible. Si desde largo tiempo los nombres de las ciencias no hubieran sido apartados de su verdadera significacion lingüistica, la obra que publico deberia llevar el título de *Cosmografía*, y dividirse en *Uranografía y Geografía*. Los romanos, imitadores de los griegos, en sus débiles ensayos de filosofía, han concluido tambien por transportar al *Universo* la significacion de sus *mundos*, que no indicaba primitivamente mas que la *compostura*, el *adorno*, y no el órden ó la regularidad en la disposicion de las partes. Es probable que la introduccion de este término técnico en el idioma del Lacio, la importacion de un equivalente de la palabra *Cosmos*, en su doble significacion, se deba á Ennio (28), partidario de la escuela itálica, traductor de los filosofemas pitagóricos compuestos por Epicarmo ó por alguno de sus adeptos.

Distinguiremos desde luego la *historia física del mundo* de la *descripcion física del mundo*. La primera, concebida en el mas lato sentido de la palabra, deberia, si existieran datos para escribirla, trazar las variaciones que ha esperimen-

tado el universo en el trascurso de las edades, desde las estrellas nuevas que repentinamente han aparecido y desaparecido en la bóveda del firmamento, desde las nebulosas que se disuelven ó se condensan, hasta la primera capa de vegetacion criptógama que ha cubierto la superficie apenas enfriada del globo, ó un banco de corales levantado en el seno de los mares. La *descripcion física del mundo* ofrece el cuadro de lo que coexiste en el espacio, de la accion simultánea de las fuerzas naturales y de los fenómenos que estas producen. Pero para comprender bien la naturaleza, no se puede separar enteramente y de una manera absoluta la consideracion del estado actual de las cosas, de la de las fases sucesivas por las cuales estas han pasado, ni puede concebirse su esencia sin reflexionar acerca del modo de su formacion. No es la materia orgánica sola la que perpétuamente se compone y se disuelve para formar nuevas combinaciones; el globo, á cada fase de su vida, nos revela tambien el misterio de sus estados anteriores.

No es posible fijar la vista sobre la corteza de nuestro planeta, sin encontrar las huellas de un mundo orgánico destruido. Las rocas sedimentarias presentan una sucesion de séres que se han asociado por grupos, escluidos y reemplazados mútuamente. Estos bancos superpuestos unos á los otros, nos revelan los faunos y las floras de los pasados siglos. En este sentido, la descripcion de la naturaleza está intimamente enlazada con su historia. El geólo, go no puede concebir el tiempo presente sin remontarse guiado por el enlace de las observaciones, á miles de siglos trascurridos. Al trazar el cuadro físico del globo, vemos, por decirlo asi, penetrarse reciprocamente el pasado y el presente; por que sucede en el dominio de la naturaleza lo mismo que en el dominio de las lenguas, en las cuales las investigaciones etimológicas nos hacen ver tambien un desarrollo sucesivo, y nos demuestran el estado anterior de

un idioma, reflejado en las formas de que hoy nos valemos. Este reflejo del pasado se manifiesta tanto mas en el estudio del mundo material, cuanto que vemos aparecer á nuestros ojos rocas de erupcion y capas sedimentarias semejantes á las de edades anteriores. Para tomar un ejemplo sorprendente de las relaciones geológicas que determinan la fisonomía de un pais, recordaré aquí que los promontorios traquíticos, los conos de basalto, las corrientes de amigdaloydes de poros alargados y paralelos, y los blancos depósitos de pómez mezclados con negras escorias, animan, por decirlo asi, el paisaje, por los recuerdos del pasado. Estas masas obran sobre la imaginacion del observador instruido, como obrarian las tradiciones de un mundo anterior; que la forma de las rocas es su historia.

El sentido en que han empleado originariamente los Griegos y los Romanos la palabra *historia*, prueba que tenian tambien la conviccion íntima de que para formarse una idea completa del actual estado de las cosas, era preciso considerarlas en su sucesion. No en la definicion dada por Verrio-Flaco (29), sino en los escritos zoológicos de Aristóteles, es donde la palabra *historia* se presenta como una esposicion de los resultados de la esperiencia y de la observacion. La descripcion física del mundo de Plinio el Viejo, lleva el título de *Historia natural*; en las cartas de su sobrino se la llama mas noblemente, *Historia de la naturaleza*. Los primeros historiadores griegos no separaban aun las descripciones de los paises, de la narracion de los sucesos de que habian sido teatro. Entre ellos, la geografía física y la historia formaron estrecha alianza; permanecieron mezcladas, de una manera sencilla y graciosa, hasta la época en que el gran desarrollo del interés político y la perpétua agitacion de la vida de los ciudadanos, hicieron desaparecer de la historia de los pueblos el elemento geográfico, para formar de él una ciencia aparte.

Queda que examinar si, por obra del pensamiento, puede esperarse que la inmensidad de los fenómenos diversos que comprende el Cosmos, vengan á la unidad de un principio y á la evidencia de las verdades racionales. En el estado actual de nuestros conocimientos empíricos, no nos atrevemos á concebir tan lisonjera esperanza. Las ciencias esperimentales, fundadas en la observacion del mundo esterior, no pueden pretender nunca el completarse; la esencia de las cosas y la imperfeccion de nuestros órganos se oponen á ello igualmente. Nunca se acabará la riqueza inagotable de la naturaleza; ninguna generacion podrá lisonjearse de haber abrazado la totalidad de los fenómenos. Distribuyéndolos por grupos es como se ha llegado á descubrir en algunos de estos, el imperio de ciertas leyes de la naturaleza, sencillas y grandes como ella. La estension de este imperio aumentará sin duda, á medida que las ciencias físicas se ensanchen y perfeccionen progresivamente. Brillantes ejemplos de este adelanto se han dado en nuestros dias en los fenómenos electro-magnéticos, y en los que presentan la propagacion de las ondas luminosas y el calórico radiante. Del mismo modo la fecunda doctrina de la evolucion nos hace ver cómo en los desarrollos orgánicos todo lo que se forma ha sido bosquejado anteriormente, cómo los tejidos de las materias vejetales y animales nacen uniformemente de la multiplicacion y de la transformacion de las células.

La generalizacion de las leyes, no aplicada primero sino en estrecho círculo á algunos grupos aislados de fenómenos, ofrece con el tiempo gradaciones cada vez mas señaladas, ganando en estension y en evidencia mientras se fija el razonamiento en fenómenos de naturaleza realmente análoga; pero desde el momento en que los cálculos dinámicos no son suficientes; por donde quiera que las propiedades específicas de la materia y su heterogeneidad están en

juego, es de temer que obstinándonos en conocer las leyes, encontremos bajo nuestros pasos abismos infranqueables. El principio de unidad deja de hacerse sentir; el hilo se rompe do quiera que se manifieste entre las fuerzas de la naturaleza una accion de un género particular. La ley de los equivalentes y de las proporciones numéricas de composicion, tan felizmente reconocida por los químicos modernos, proclamada bajo la antigua forma de símbolos atomísticos, permanece aun aislada, é independiente de las leyes matemáticas del movimiento y de la gravitacion.

Las producciones de la naturaleza, objeto de la observacion directa, pueden distribuirse lógicamente por clases, órdenes ó familias. Los cuadros de estas distribuciones arrojan sin duda alguna luz sobre la historia natural descriptiva; pero el estudio de los cuerpos organizados y su enlace lineal, á pesar de dar mas unidad y sencillez á la distribucion de los grupos, no pueden elevarse á una clasificacion fundada sobre un solo principio de composicion y organizacion interior. Del mismo modo que las leyes de la naturaleza presentan diferentes gradaciones segun la estension de los horizontes ó de los círculos de fenómenos que abrazan, asi tambien la esploracion del mundo esterior tiene fases diversamente graduadas. El empirismo empieza por cálculos aislados que se van acercando segun su analogía y su desemejanza. Al acto de la observacion directa sucede, aunque muy tarde, el deseo de esperimentar, es decir, de producir fenómenos bajo condiciones determinadas. El esperimentador racional no obra al azar; se guía por hipótesis que se ha formado, por un presentimiento semi-instintivo, y mas ó menos exacto, del enlace de las cosas ó de las fuerzas de la naturaleza. Los resultados debidos á la observacion ó al esperimento, conducen, por medio del análisis y la induccion, al descubrimiento de leyes empíricas. Estas son las fases que la inteligencia hu-

mana ha recorrido, y que han caracterizado diferentes épocas en la vida de los pueblos. Siguiendo este camino es como se ha llegado á reunir el conjunto de hechos que constituyen hoy la sólida base de las ciencias de la naturaleza.

Dos formas de abstraccion dominan el conjunto de nuestros conocimientos: relaciones de *cantidad* relativas á las ideas de número ó de magnitud, y relaciones de *cualidad* que comprenden las propiedades específicas ó la heterogeneidad de la materia. La primera de estas formas, mas accesible al ejercicio del pensamiento, pertenece á las ciencias matemáticas; la segunda, mas difícil de comprender y mas misteriosa en apariencia, es del dominio de las ciencias químicas. Para someter los fenómenos al cálculo, hay que recurrir á una construccion hipotética de la materia por combinacion de moléculas y átomos, cuyo número, forma, posicion y polaridad deben determinar, modificar y variar los fenómenos. Los mitos de materias imponderables y de ciertas fuerzas vitales propias de cada organismo, han complicado los cálculos y derramado una luz dudosa sobre el camino que ha de seguirse. Bajo condiciones y formas de intuicion tan diversas es como se ha acumulado, á través de los siglos, el conjunto prodigioso de nuestros conocimientos empíricos, el cual aumenta cada dia con rapidez creciente. El espíritu investigador del hombre trata de tiempo en tiempo, y con éxito desigual, de romper formas anticuadas, símbolos inventados para someter la materia rebelde á las construcciones mecánicas.

Muy lejos estamos aun de la época en que será posible reducir á la unidad de un principio racional, por la obra del pensamiento, cuanto percibimos por medio de los sentidos. Puede aun dudarse si en el campo de la filosofía de la naturaleza llegará á conseguirse semejante resultado. La complicacion de los fenómenos y la inmensa estension del Cosmos parecen oponerse á este fin; pero aun cuando

el problema fuera insoluble en conjunto, no por ello una solucion parcial, la tendencia hácia la comprension del mundo, dejaria de ser el objeto eterno y sublime de toda observacion de la naturaleza. Fiel al carácter de las obras que he publicado hasta aquí, y á los trabajos de medidas, esperiencias, é investigaciones que han llenado mi carrera, me encierro en el círculo de las concepciones empíricas.

La esposicion de un conjunto de hechos observados y combinados entre sí, no escluye el deseo de agrupar los fenómenos segun su racional enlace, ni generalizar lo que es susceptible de generalizacion en el conjunto de las observaciones particulares, ni llegar, en fin, al descubrimiento de las leyes. Concepciones del universo fundadas únicamente en la razon, en los principios de la filosofía especulativa, asignarían sin duda á la ciencia del Cosmos un objeto mas elevado. Lejos estoy de censurar los esfuerzos que yo no he intentado, y de vituperarlos por el solo motivo de que hasta aquí han tenido un éxito muy dudoso. Contra la voluntad y los consejos de los profundos y poderosos pensadores que han dado una nueva vida á especulaciones con las cuales se habia ya familiarizado la antigüedad, los sistemas de la filosofía de la naturaleza han alejado los ánimos durante algun tiempo en nuestra patria de los graves estudios de las ciencias matemáticas y físicas. La embriaguez de pretendidas conquistas ya hechas; un lenguaje nuevo escéntricamente simbólico; la predileccion por fórmulas de racionalismo escolástico tan estrechas como nunca las conoció la edad media, han señalado, por el abuso de las fuerzas en una generosa juventud, las efímeras saturnales de una ciencia puramente ideal de la naturaleza. Repito la espresion, abuso de las fuerzas, porque espíritus superiores entregados á la vez á los estudios filosóficos y á las ciencias de observacion, han sabido preservarse de estos escesos. Los resultados obtenidos por sérias investigaciones en

el camino de la esperiencia, no pueden estar en contradiccion con una verdadera filosofía de la naturaleza. Cuando hay oposicion, la falta está, ó en el vacío de la especulacion ó en las exageradas pretensiones del empirismo, que cree haber probado por la esperiencia mas de lo que la esperiencia puede probar.

Ya se oponga la naturaleza al mundo intelectual, como si este último no estuviese comprendido en el vasto seno de la primera; ó bien se oponga al arte, considerado como una manifestacion del poder intelectual de la humanidad, no deben conducir estos contrastes, reflejados en las lenguas mas cultivadas, á un divorcio entre la naturaleza y la inteligencia, divorcio que reduciria la física del mundo á no mas que un conjunto de especialidades empíricas. La ciencia no empieza para el hombre hasta el momento en que el espíritu se apodera de la materia, en que trata de someter el conjunto de las esperiencias á combinaciones racionales. La ciencia es, el espíritu aplicado á la naturaleza; pero el mundo esterior no existe para nosotros sino en tanto que por el camino de la intuicion le reflejemos dentro de nosotros mismos. Así como la inteligencia y las formas del lenguaje, el pensamiento y el símbolo, están unidos por lazos secretos é indisolubles, del mismo modo tambien el mundo esterior se confunde, casi sin echarlo de ver, con nuestras ideas y nuestros sentimientos. Los fenómenos esteriores, dice Hegel en *La filosofía de la historia*, están en cierto modo traducidos en nuestras representaciones internas. El mundo objetivo pensado por nosotros y en nosotros reflejado, está sometido á las eternas y necesarias formas de nuestro sér intelectual. La actividad del espíritu se ejerce sobre los elementos que le facilita la observacion sensible. Así desde la infancia de la humanidad se descubre en la simple intuicion de los hechos naturales, en los primeros esfuerzos intentados para comprenderlos, el gérmen de la filosofía de la

naturaleza. Estas tendencias ideales son diversas y mas ó menos fuertes, segun las razas, sus disposiciones morales, y el grado de cultura que han alcanzado, merced á la naturaleza que las rodea.

La historia nos ha conservado el recuerdo del gran número de formas, bajo las cuales se ha intentado concebir racionalmente el mundo entero de los fenómenos, reconocer en el Universo la accion de una sola fuerza motriz que penetra la materia, la transforma y la vivifica. Estos ensayos datan en la antigüedad clásica, desde los tratados de la escuela jónica sobre los principios de las cosas, en que apoyándose en un corto número de observaciones, se quiso someter el conjunto de la naturaleza á temerarias especulaciones. A medida que por la influencia de grandes sucesos históricos se han desarrollado todas las ciencias auxiliándose de la observacion, háse visto tambien enfriarse el ardor que llevaba á deducir la esencia de las cosas y su conexion, de construcciones puramente ideales y de principios racionales en un todo. En tiempos mas próximos á nosotros, la parte matemática de la filosofía natural ha sido la que recibió mayores adelantos. El método y el instrumento, es decir el análisis, se han perfeccionado á la vez. Creemos que lo que fue conquistado por tan diversos medios, por la aplicacion ingeniosa de las suposiciones atomísticas, por el estudio mas general y mas íntimo de los fenómenos y por el perfeccionamiento de nuevos aparatos, es el bien comun de la humanidad, y no debe hoy como antes tampoco lo era, ser sustraido á la libre accion del pensamiento especulativo.

No puede negarse sin embargo, que en el trabajo del pensamiento hayan corrido algun peligro los resultados de la esperiencia. En la perpétua vicisitud de los aspectos teóricos, no hay que admirarse mucho, como dice ingeniosamente el autor de *Giordano Bruno* (30), «si la mayor

»parte de los hombres no ven en la filosofía sino una su»cesion de metéoros pasajeros, y si las grandes formas que »ha revestido corren la suerte de los cometas, que el pueblo »no coloca entre las obras eternas y permanentes de la na»turaleza, sino entre las fugitivas apariciones de los vapo»res ígneos.» Apresurémonos á añadir que el abuso del pensamiento y las equivocadas sendas en que penetra, no pueden autorizar una opinion cuyo efecto sería rebajar la inteligencia, á saber, que el mundo de las ideas no es por su naturaleza mas que un mundo de fantasmas y sueños, y que las riquezas acumuladas por laboriosas observaciones tienen en la filosofía una potencia enemiga que las amenaza. No es propio del espíritu que caracteriza nuestro tiempo el rechazar con desconfianza cualquier generalizacion de miras, cualquier intento de profundizar las cosas por la senda del raciocinio y de la induccion. Sería desconocer la dignidad de la naturaleza humana, y la importancia relativa de nuestras facultades, el condenar, ya la razon austera que se entrega á la investigacion de las causas y de su enlace, ya el vuelo de la imaginacion que precede á los descubrimientos y los suscita por su poder creador.

PRIMERA PARTE.

EL CIELO.

CUADRO DE LOS FENÓMENOS CELESTES.

Cuando el espíritu humano se enorgullece hasta querer avasallar al mundo material, es decir, al conjunto de los fenómenos físicos; cuando intenta reducir al dominio de su pensamiento la naturaleza entera con la rica plenitud de su vida, y la accion de las fuerzas ya patentes ya ocultas que la animan, los límites de su horizonte se pierden en lontananza y desde la altura á que se eleva se le aparecen las individualidades como agrupadas en masas y como veladas por una lijera bruma. Tal es el punto de vista en que queremos colocarnos para contemplar el Universo, é intentar describir en su conjunto la esfera de los cielos y el mundo terrestre. No se me oculta la audacia de tentativa semejante, pues sé que entre todas las formas de esposicion á que consagro estas pájinas, el ensayo de un cuadro general de la naturaleza es tanto mas difícil, cuanto que en lugar de limitarnos á describir en detalle las riquezas de sus tan variadas formas, nos proponemos pintar las grandes masas, ya sea que tengan sus contornos una existencia real, ya que las divisiones del cuadro resulten de la naturaleza misma de nuestras concepciones. Para que esta obra sea digna de la bellísima espresion de *Cosmos*, que significa el órden en el Universo, y la magnificencia en

el órden, es necesario que abrace y describa el gran Todo (τὸ πᾶν); es preciso clasificar y coordinar los fenómenos, penetrar el juego de fuerzas que los producen, y pintar en fin, con animado lenguaje, una viviente imágen de la realidad. ¡Quiera Dios que la infinita variedad de los elementos de que se compone el cuadro de la naturaleza no perjudique á la impresion armoniosa de calma y de unidad, supremo objeto de toda obra literaria ó puramente artística!

Desde las profundidades del espacio ocupadas por las nebulosas mas remotas, descenderemos por grados á la zona de estrellas de que es una parte nuestro sistema solar, al esferoide terrestre con su envuelta gaseosa y líquida, con su forma, su temperatura y su tension magnética, hasta los séres dotados de vida que la accion fecundante de la luz desarrolla en su superficie. Sobre este cuadro del mundo tendremos que pintar á grandes rasgos los espacios infinitos de los cielos, y trazar el bosquejo de microscópicas existencias del reino orgánico que se desarrollan en las aguas estancadas ó sobre las ásperas crestas de las rocas. Las riquezas de observacion que el estudio severo de la naturaleza ha sabido acumular hasta nuestra época, forman los materiales de esta vasta representacion, cuyo carácter principal debe ser el de llevar en sí misma el testimonio de su fidelidad. Pero en las condiciones consignadas en los prolegómenos, un cuadro descriptivo de la naturaleza no puede comprender los detalles y las individualidades consideradas fuera del conjunto, porque perjudicaria al efecto general de la obra querer enumerar todas las formas en que se revela la vida, todos los hechos, y todas las leyes de la naturaleza. La tendencia que lleva á fraccionar indefinidamente la suma de nuestros conocimientos es un escollo que el filósofo ha de saber evitar, so pena de perderse en la multitud de detalles acumulados por un empirismo casi siempre irreflexivo. Ignoramos aun, además, una parte considera-

ble de las propiedades de la materia, ó para hablar en lenguaje mas conforme con la filosofía natural, fáltanos descubrir séries enteras de fenómenos que dependen de fuerzas de que ninguna idea tenemos en la actualidad; laguna que por sí sola sería suficiente para hacer que fuese incompleta toda representacion unitaria de la totalidad de los hechos naturales. Tambien en el fondo mismo del goce que le inspira el cuadro de sus conquistas, el espíritu, inquieto, poco satisfecho del presente, esperimenta como una especie de malestar, cediendo al deseo enérgico que le lleva incesantemente hácia las regiones de la ciencia aun inesploradas. Estas aspiraciones de nuestra alma anudan mas fuertemente el lazo que une el mundo sensible al mundo ideal en virtud de las leyes supremas de la inteligencia, y vivifican esta relacion misteriosa «de la impresion que recibe nuestra alma del mundo esterior y el acto que la refleja del seno de sus mismas profundidades.»

Siendo ademas la naturaleza (considerada como conjunto de séres y de fenómenos) ilimitada en cuanto á sus contornos y á su contenido, nos presenta un problema que toda la capacidad humana no podria abarcar, problema insoluble, porque exige el conocimiento general de todas las fuerzas que se agitan en el Universo. Bien puede hacerse semejante confesion, cuando nos proponemos por único objeto de nuestras investigaciones inmediatas, las leyes de los séres ó de sus desenvolvimientos, y cuando nos sujetamos á seguir un solo camino, el de la esperiencia guiada por un método de induccion rigurosa. Es verdad que se renuncia asi á satisfacer la tendencia que nos lleva á considerar la naturaleza en su universalidad, y á penetrar la esencia misma de las cosas; pero la historia de las teorías generales sobre el mundo, que hemos reservado para otra parte de esta obra, prueba que la humanidad puede solamente aspirar al conocimiento parcial, aunque cada vez mas pro-

fundo, de las leyes generales del Universo. Trátase pues aquí, de pintar el conjunto de los resultados adquiridos, dentro del punto de vista de la actualidad, en cuanto á la medida y los límites, como en lo tocante á la estension de este cuadro. Ahora bien: cuando se habla de los movimientos y de las transformaciones que se efectúan en el espacio, es el fin principal de nuestras investigaciones *la determinacion numérica de los valores medios* que constituyen la espresion misma de las leyes físicas. Estos *números medios* nos representan lo que hay de constante en los fenómenos variables, lo que hay de fijo en la fluctuacion perpétua de las apariencias. De aquí el que los progresos actuales de la física se manifiesten casi esclusivamente por pesos y medidas, con el objeto de obtener ó de corregir los valores numéricos medios de ciertas magnitudes. Podria, pues, decirse que los números, últimos geroglíficos que aun subsisten en nuestra escritura, son nuevamente para nosotros, pero en una acepcion mucho mas lata, lo que antiguamente eran para la escuela itálica: las fuerzas mismas del Cosmos.

Ama el sábio la sencillez de estas relaciones numéricas que espresan las dimensiones del cielo visible, la magnitud de los cuerpos celestes, sus periódicas perturbaciones y los tres elementos del magnetismo terrestre, la presion atmosférica y la cantidad de calórico que el sol irradia en cada una de las estaciones del año sobre todos los puntos de nuestros continentes ó de nuestros mares; pero esto no bastaria al poeta de la naturaleza, y menos aun á la muchedumbre curiosa que creen á la ciencia contemporánea estraviada en falsos caminos porque no responde ya sino con la duda á una multitud de cuestiones que se creyó en otro tiempo llegarian á entrar en su dominio, cuando no las declara absolutamente insolubles. Preciso es confesarlo: la ciencia actual, bajo una forma mas severa, con límites mas estre-

chos, está desprovista de aquel engañoso atractivo de la antigua física, cuyos dogmas y símbolos tan propios eran para perturbar la razon, dando libre curso á las imaginaciones mas ardientes. Antes del descubrimiento del Nuevo-Mundo, se creyó percibir por mucho tiempo desde lo alto de las costas de las Canarias ó de las Azores, tierras situadas al Occidente. Era ilusion producida, no por el juego de una refraccion estraordinaria, sino por el anhelo que nos arrastra á penetrar mas allá de nuestro alcance. La filosofía natural de los griegos, la física de la edad media y lo mismo la de los últimos siglos, ofrecen mas de un ejemplo análogo de aquella ilusion del espíritu que se forja, por decirlo asi, fantasmas aéreos. Parece como que en los límites de nuestros conocimientos, de igual modo que desde lo alto de las costas de las últimas islas, la vista turbada procura descansar en lejanas regiones; y que luego la tendencia á lo sobrenatural, á lo maravilloso, presta una forma determinada á cada manifestacion de ese poder de creacion ideal de que el hombre está dotado, ensanchando el dominio de la imaginacion, donde reinan como soberanos los sueños cosmológicos, geognósticos y magnéticos, en pugna constantemente con el dominio de la realidad.

Bajo cualquier aspecto en que quiera considerarse la naturaleza, ya sea como conjunto de séres y de sus desarrollos sucesivos, ya como la fuerza interior de movimiento, ó ya en fin, como el tipo misterioso al que se refieren todas las apariencias, la impresion que produce en nosotros tiene siempre algo de terrestre. Ni aun reconocemos nuestra patria, sino allí donde comienza el reino de la vida orgánica: como si la imágen de la naturaleza se asociase fatalmente en nuestra alma á la de la tierra adornada de sus flores y de sus frutos, animada por las razas innumerables de animales que viven en su superficie. El aspecto del firmamento y la inmensidad de los espacios celestes, forman

un cuadro en que la magnitud de las masas, el número de soles diversamente agrupados, y las mismas pálidas nebulosas, pueden bien escitar nuestro asombro ó admiracion; pero no dejamos de sentirnos estraños á esos mundos en que reina una soledad aparente, y que no nos producen la impresion inmediata, por la cual, la vida orgánica nos liga á la tierra. Asi vemos, que todas las concepciones físicas del hombre, aun las mas modernas, han separado el Cielo de la Tierra como en dos regiones, la una superior, inferior la otra.

Si pues para pintar el cuadro de la naturaleza escogieramos el punto de vista en que nos colocan nuestros sentidos, seria preciso empezar por el suelo que nos soporta; describir el globo terrestre, su forma y sus dimensiones, su densidad y su temperatura creciente hácia el centro; separar las capas superpuestas, tanto fluidas como sólidas; distinguir los continentes de los mares y presentar la vida orgánica desarrollando por do quiera su trama, invadiendo la superficie y poblando las profundidades; dibujar, por fin, el Océano aéreo perpétuamente agitado por sus corrientes, en el fondo del cual surgen como otros tantos bajíos y escollos, las altas cadenas de nuestras montañas coronadas de bosques. Segun este cuadro, cuyos rasgos estarian tomados solo de nuestro globo, alzaríase la vista á los espacios celestes, y la tierra, dominio ya bien conocido de la vida orgánica, vendria á ser entonces considerada como planeta, tomando puesto entre los otros globos, satélites como ella de uno de esos astros innumerables que brillan con luz propia. Esta série de ideas ha trazado la senda á las primeras teorías generales que adoptaron como punto de partida el de nuestras sensaciones; série que casi recordaria la antigua concepcion de una tierra rodeada por todos lados de agua, y como sosteniendo la bóveda celeste; série que empieza en el lugar mismo en que se halla el observador, y parte de lo conocido

para ir á lo desconocido, de lo que nos toca y cerca, para llegar hasta los límites de nuestro alcance. Este es el método fundadamente matemático que se sigue en la esposicion de las teorías astronómicas, cuando se pasa del movimiento aparente de los cuerpos celestes á sus movimientos reales.

Pero si se trata de esponer el conjunto de nuestros conocimientos en lo que tienen de firme y de positivo, y aun de probable actualmente en mayor ó menor grado, sin empeñarse, no obstante, en desarrollar su demostracion, preciso es recurrir á un órden de ideas muy diferente, y sobre todo renunciar al punto de partida terrestre, cuya importancia en la generalidad es esclusivamente relativa al hombre. La tierra no debe ya aparecer en primer término sino como un detalle subordinado al conjunto del cual forma parte, debiendo guardarnos de aminorar el carácter de grandeza de tal concepcion por motivos fundados en la proximidad de ciertos fenómenos particulares, en su influencia mas íntima, ó en su mas directa utilidad. De aquí, pues, que una descripcion física del mundo, es decir, un cuadro general de la naturaleza, deba empezar por el cielo y no por la tierra; pero á medida que la esfera que abarca la mirada se estreche, veremos aumentarse la riqueza de detalles, completarse las apariencias físicas, y multiplicarse las propiedades específicas de la materia. Desde aquellas regiones en que la sola fuerza cuya existencia nos es dable comprobar es la gravitacion, descenderemos gradualmente hasta nuestro planeta, y penetraremos al fin en el mecanismo complicado de las fuerzas que reinan en su superficie. El método descriptivo que acabo de bosquejar, es el inverso del que suministró los materiales: el primero enumera y clasifica lo que el segundo ha demostrado.

El hombre se pone en relacion con la naturaleza por medio de sus órganos. Así la existencia de la materia en

las profundidades del cielo, se nos revela por los fenómenos luminosos; y puede decirse que la vista es el órgano de la contemplacion del Universo, y que el descubrimiento de la vision telescópica, que data apenas de dos siglos y medio, ha dotado á las generaciones actuales de una potencia de la cual todavía se ignoran los límites.

De las consideraciones que forman la ciencia del Cosmos, las primeras y mas generales trátan de la distribucion de la materia en los espacios, ó de la creacion, empleando la palabra que sirve de ordinario para designar el conjunto actual de los séres y los desarrollos sucesivos cuyo gérmen contienen aquellos. Y ante todo, veremos la materia, ya condensada en globos de magnitudes y de densidades muy diversas, animados de un doble movimiento de rotacion y de traslacion; ya diseminada en el espacio bajo la forma de nebulosidades fosforescentes.

Consideremos en primer lugar la materia cósmica esparcida en el cielo bajo formas mas ó menos determinadas, y en todos los estados posibles de agregacion. Cuando las nebulosas tienen cortas dimensiones aparentes, presentan el aspecto de pequeños discos circulares ó elípticos, ya aislados, ya pareados, y reunidos entonces alguna vez por un pequeño filete luminoso. Bajo mayores diámetros, la materia nebulosa toma las formas mas variadas: envia lejos en el espacio numerosas ramificaciones; se estiende en abanico, ó bien afecta la figura anular de contornos claramente determinados, con un espacio central oscuro. Créese que estas nebulosas sufren gradualmente cambios de forma, segun que la materia, obedeciendo á las leyes de la gravitacion, se condense alrededor de uno ó de muchos centros. Cerca de 2,500 de estas nebulosas que no han podido resolver en estrellas los mas poderosos telescopios, están ya clasificadas y determinadas relativamente á los lugares que ocupan en el cielo.

En presencia de este desarrollo genesiaco, de estas formaciones perpétuamente progresivas que se efectuan en los espacios celestes, el observador filósofo no puede menos de establecer una cierta analogía entre estos grandes fenómenos y los de la vida orgánica; de igual modo que vemos en nuestros bosques árboles de la misma especie que han llegado á todos los grados posibles de crecimiento, tambien pueden reconocerse en la inmensidad de los campos celestes las diversas fases de la formacion gradual de las estrellas. Esta condensacion progresiva, enseñada por Anaximenes, y con él toda la escuela jónica, parece como que se desarrolla simultáneamente á nuestros ojos. Preciso es reconocer que la tendencia casi adivinadora de estas investigaciones y de estos esfuerzos del espíritu ha ofrecido siempre á la imaginacion el mas poderoso atractivo (31); pero lo que debe cautivarnos mas en el estudio de la vida y de las fuerzas que animan al Universo, no es tanto el conocimiento de los séres en su esencia, como el de la ley de su desarrollo, es decir, la sucesion de formas que revisten; pues por lo tocante al acto mismo de la creacion, al orígen de las cosas considerado como la transicion de la nada al sér, ni la esperiencia ni el razonamiento pueden darnos ninguna idea.

No se han limitado los astrónomos á comprobar en las nebulosas diversas fases de formacion, segun los grados de su condensacion mas ó menos marcada hácia el centro; sino que han creido tambien poder deducir inmediatamente de las observaciones hechas en diferentes épocas, que se han verificado cambios efectivos en la nebulosa de Andrómeda, en la del navío Argos y en los filamentos aislados pertenecientes á la nebulosa de Orion; pero la desigual potencia de los instrumentos empleados en estas diferentes épocas, las variaciones de nuestra atmósfera y otras influencias de naturaleza óptica, nos autorizan á dudar de una parte de aquellos resultados, cuando se los considera como térmi-

nos de comparacion legados por la historia de los cielos.

No deben confundirse las *manchas nebulosas* propiamente dichas, de formas tan variadas, y diferente brillo, cuya materia sin cesar concentrada acabará quizás por condensarse en estrellas, ni tampoco las *nebulosas planetarias*, que emiten desde todos los puntos de sus discos un tanto ovalados una luz suave y uniforme, con las llamadas *estrellas nebulosas*. No se trata aquí de un efecto de proyeccion puramente fortuito, antes al contrario la materia fosforescente, la nebulosidad, forma un todo con la estrella á que rodea. A juzgar por su diámetro aparente, generalmente considerable, y por la distancia á que brillan las nebulosas planetarias y las estrellas nebulosas, estas dos variedades deben tener enormes dimensiones. Resulta de nuevas consideraciones estremadamente ingeniosas acerca de los diversos efectos que puede producir el alejamiento en el brillo de un disco luminoso de diámetro apreciable y en el de un punto aislado, que las nebulosas planetarias son probablemente estrellas nebulosas, en las cuales toda diferencia de brillo entre la estrella central y la atmósfera que la rodea ha desaparecido, aun para la vista auxiliada de los mas poderosos telescopios.

Las magníficas zonas del cielo austral comprendidas entre los paralelos de los grados 50 y 80, son las mas ricas en estrellas nebulosas y en conjuntos de nebulosidades irreductibles. De las dos nubes magallánicas que giran alrededor del polo austral, de ese polo tan pobre en estrellas que asemeja comarca devastada, la mayor parece ser, segun investigaciones recientes (32) «una sorprendente aglomeracion de masas esféricas de estrellas mayores ó menores, y de nebulosas irreductibles, cuyo brillo general ilumina el campo de la vision y forma como el fondo del cuadro.» El aspecto de estas nubes, la brillante constelacion del navío Argos, la via láctea que se estiende entre el Escorpion, el

Centauro y la Cruz, y aun me atrevo á decir, el aspecto tan pintoresco de todo el cielo austral, han producido en mi alma una impresion que no se borrará jamás.

La luz zodiacal que se eleva sobre el horizonte como resplandeciente pirámide, y cuyo dulce brillo constituye el eterno adorno de las noches intertropicales, es probablemente una gran nebulosa anular que gira entre la órbita de Marte y la de la Tierra; porque no es admisible la opinion de los que creen ver en ella la capa esterior de la misma atmósfera del Sol. A mas de estas nebulosidades, de estas nubes luminosas de formas determinadas, observaciones exactas tienden á comprobar la existencia de una materia infinitamente ténue, que no tiene probablemente luz propia, pero que se revela por la resistencia que opone al movimiento del cometa de Encke (y quizás tambien á los de Biela y Faye), y por la disminucion que hace esperimentar á su escentricidad y á la duracion de sus revoluciones. Esta materia etérea ó cósmica, flotante en el espacio, parece como animada de movimiento; y á pesar de su tenuidad originaria, podemos suponerla sometida á las leyes de la gravitacion, y mas condensada, por consiguiente, en los alrededores de la enorme masa del Sol; debiendo admitirse, en fin, que se renueva y aumenta, há muchos miles de siglos, por las materias gaseiformes que las colas de los cometas abandonan en el espacio.

Despues de haber considerado asi la variedad de formas que reviste la materia diseminada en los espacios infinitos de los cielos (οὐρανοῦ χόρτος) (33), ya sea que se estienda sin límites ni contornos en forma de éter cósmico, ó que primitivamente haya estado condensada en nebulosas, preciso es fijar nuestra atencion ahora en la parte sólida del Universo, es decir, en la materia aglomerada en esos globos que esclusivamente designamos con el nombre de astros ó mundos estelares. Todavía aquí encontramos diversos gra-

dos de agregacion y de densidad, y nuestro propio sistema solar reproduce todos los términos de la série de los pesos específicos (relacion del volúmen á la masa) que nos han hecho familiares las sustancias terrestres. Cuando se comparan los planetas desde Mercurio hasta Marte al Sol y á Júpiter, y estos dos últimos astros á Saturno, menos denso aun, se llega por una progresion decreciente desde el peso específico del antimonio metálico hasta el de la miel, el del agua y el del abeto. Además, la densidad de los cometas es tan débil, que la luz de las estrellas los atraviesa sin refraccion, aun por la parte mas compacta que se llama habitualmente *cabeza* ó núcleo; quizás no hay cometa alguno cuya masa equivalga á 0,005 de la de la tierra. Señalemos en este lugar lo que aparece como mas sorprendente en la diversidad de los efectos producidos por las fuerzas cuya accion progresiva ha presidido originariamente á las aglomeraciones de la materia; pues si bien desde el punto de vista general en que nos hemos colocado, hubiéramos podido indicar *á priori* esta variedad indefinida como un resultado posible de la accion combinada de las fuerzas generatrices, hemos creido mejor mostrarla como un hecho real que se desarrolla efectivamente á nuestros ojos en las regiones celestes.

Las concepciones puramente especulativas de Wright, Kant y Lambert acerca de la construccion general de los cielos, han sido establecidas por William Herschell sobre una base mas sólida, sobre observaciones y medidas exactísimas. Este grande hombre, tan osado y tan prudente á la vez en sus investigaciones, fué el primero que se atrevió á sondear las profundidades de los cielos, para determinar los límites y la forma de la capa aislada de estrellas de que la Tierra es parte, y el primero tambien que intentó aplicar á esta zona estelar las relaciones de magnitud, de forma y de posicion que le habian sido reveladas por el es-

tudio de las nebulosas mas remotas, justificando asi el bello epitafio grabado sobre su tumba de Upton: *Cælorum perrupit claustra*. Lanzado, como *Colon*, á un mar desconocido, descubrió islas y archipiélagos, dejando á las generaciones siguientes el cuidado de determinar su exacta posicion.

Ha sido preciso recurrir á hipótesis mas ó menos verosímiles acerca de las verdaderas magnitudes de las estrellas y su número relativo, es decir, sobre su acumulacion mas ó menos marcada en los espacios iguales que circunscribe el campo de un mismo telescopio graduado siempre del propio modo, para evaluar el espesor de las capas ó de las zonas que aquellas constituyen. Es tambien imposible atribuir á estos datos, cuando se trata de deducir de ellos las particularidades de la estructura de los cielos, el mismo grado de certeza á que se ha llegado en el estudio de los fenómenos peculiares de nuestro sistema solar, ó en la teoría general de los movimientos aparentes y reales de los cuerpos celestes, ó en la determinacion por último, de las revoluciones verificadas por las estrellas componentes de un sistema binario alrededor de su centro comun de gravedad. Esta parte de la ciencia del Cosmos, se asemeja á las épocas fabulosas ó mitológicas de la historia: la una como las otras se remontan en efecto á ese incierto crepúsculo en que van á perderse los orígenes de los tiempos históricos y los límites del espacio, mas allá de los cuales no alcanzan nuestras medidas. La evidencia, á tal altura, empieza á desaparecer de nuestras concepciones, y todo convida á la imaginacion á buscar en sí misma una forma y contornos fijos para esas confusas apariencias que amenazan escapar á nuestra investigacion.

Pero volviendo á la comparacion que ya hemos indicado, entre la bóveda celeste y un mar sembrado de islas y archipiélagos, ella nos ayudará á comprender mejor los

diversos modos de distribucion de los grupos aislados que forma la materia cósmica; de las nebulosas irresolubles condensadas alrededor de uno ó de muchos centros, que llevan en sí mismas el signo de su antigüedad; y de las agregaciones de estrellas ó de los grupos esporádicos distintos que presentan rasgos de una formacion mas reciente. La reunion de estrellas de que nosotros hacemos parte y que podríamos llamar en este sentido una isla del Universo, constituye una capa aplanada, lenticular, aislada por todas partes; y se estima que su eje mayor es igual á setecientas ú ochocientas veces la distancia de Sirio á la Tierra, y el eje menor á unas ciento cincuenta. Para formar idea de la magnitud absoluta de la unidad de que se trata, puede suponerse que la paralaje de Sirio no escede á la de la estrella brillante del Centauro (0″, 9128); en cuyo caso la luz emplearia tres años en recorrer la distancia que nos separa de Sirio; pues segun los admirables trabajos de Bessel sobre la paralaje de la estrella 61 del Cisne (0″, 3483) (34), estrella que por su movimiento considerable propio, hace sospechar su proximidad, un rayo luminoso que partiera de este astro no podria llegar hasta nosotros sino despues de nueve años y tres meses.

Nuestro grupo de estrellas, cuyo espesor es relativamente poco considerable, se divide en dos ramas á un tercio próximamente de su estension; créese que el sistema solar está situado en él escéntricamente, no lejos del punto de division, mas cerca de la region en que brilla Sirio que de la constelacion del Aguila, y casi en medio de la capa en el sentido de su espesor.

Ya hemos dicho mas arriba que midiendo sistemáticamente el cielo y contando las estrellas contenidas en el campo invariable de un telescopio dirigido sucesivamente hácia todas las regiones del espacio, es como se ha llegado á fijar la situacion de nuestro sistema solar, y á determinar la for-

ma y las dimensiones del conjunto lenticular de estrellas de que hace parte. En efecto, si el número mas ó menos grande de estrellas contenidas en espacios iguales, varía en razon del espesor mismo de la capa á cada direccion, este número debe darnos la longitud del rayo visual, sonda atrevidamente arrojada á las profundidades del cielo, cuando el rayo hiere el fondo de la capa estelar ó mas bien á su límite esterior, porque no tienen aplicacion aquí las ideas de alto ni de bajo. En sentido del eje mayor de la capa, debe el rayo visual encontrar las estrellas escalonadas siguiendo esta direccion, en mucho mayor número que por cualquier otra parte; en efecto, las estrellas están fuertemente condensadas en estas regiones y como reunidas en un matiz general que puede compararse á un polvo luminoso. Su conjunto señala en la bóveda celeste una zona que parece envolverla por completo. Esta zona estrecha, cuyo brillo desigual se vé interrumpido á trechos por espacios oscuros, sigue con algunos grados de diferencia la direccion de un círculo máximo de la esfera, porque nosotros venimos á estar colocados cerca del medio de la capa de estrellas, y en el plano mismo de la via láctea, que es su perspectiva. Si nuestro sistema planetario se encontrase situado á una gran distancia de ese conjunto de estrellas, la via láctea nos ofreceria la apariencia de un anillo; á una distancia aun mayor, apareceria en el telescopio como una nebulosa irreductible terminada por un contorno circular.

Entre todos los astros que brillan con luz propia, tenidos largo tiempo por fijos, aunque equivocadamente, puesto que de contínuo cambia su posicion; entre esos astros que forman nuestra isla en el Océano de los mundos, el Sol es el único que observaciones reales nos permiten reconocer como centro de los movimientos de un sistema secundario compuesto de planetas, de cometas y de asteroides análogos

á nuestros aerolitos. Las estrellas dobles ó múltiples no pueden ser asimiladas por completo á nuestro sistema planetario, ni por la dependencia de los movimientos relativos, ni por las apariencias luminosas. Ciertamente, los astros que brillan con una luz propia, y forman estas asociaciones binarias ó mas complejas, giran tambien alrededor de su centro comun de gravedad, y quizás arrastren cortejos de planetas y de lunas cuya existencia no pueden revelarnos nuestros telescopios; pero el centro de sus movimientos se encuentra en un espacio vacío, ó lleno únicamente de materia cósmica, mientras que en el sistema solar, este mismo centro está situado en el interior de un cuerpo visible. Si, esto no obstante, queremos considerar como estrellas dobles el Sol y la Tierra, ó la Tierra y la Luna, y si tratamos de asimilar el conjunto de los planetas á un sistema múltiple, será necesario restringir á solo los movimientos, la analogía que entrañan estas denominaciones; porque puede admitirse la universalidad de las leyes de la gravitacion; pero todo lo que se refiere á las apariencias luminosas, deberá ser escluido de esta aproximacion ó comparacion.

Colocados en el punto de vista general que nos habia impuesto la naturaleza misma de nuestra obra, podemos examinar ahora nuestro sistema solar bajo un doble aspecto: estudiaremos primero, en las diversas clases que en él pueden distinguirse, los caractéres generales de magnitud, figura, densidad y situacion relativa; trataremos en seguida de las relaciones que parecen unir este conjunto á las demas partes de nuestra zona estrellada; con lo cual se indica bastante el movimiento propio del Sol mismo.

En el estado actual de la ciencia, nuestro sistema solar se compone de once planetas principales, diez y ocho lunas ó satélites, y multitud de cometas, entre los cuales hay algunos que constantemente permanecen en los estrechos límites del mundo de los planetas, y por esto llevan el

nombre de cometas planetarios. Podemos segun todas las probabilidades añadir al cortejo de nuestro Sol y colocar en la esfera donde se ejerce inmediatamente su accion central, primeramente un anillo de materia nebulosa, animado de un movimiento de rotacion, probablemente situado entre la órbita de Marte y la de Venus, por lo menos sabemos de cierto que se estiende mas allá de la de la Tierra (35), y al cual se debe esa apariencia luminosa de forma de piramide, conocida con el nombre de luz zodiacal; forman parte asimismo del sistema solar una multitud de asteroides escesivamente pequeños, cuyas órbitas cortan la de la Tierra ó se separan muy poco de ella, y por los cuales se esplican las apariciones de estrellas errantes y la caida de aerolitos. Cuando consideramos estas formaciones tan complejas, los astros numerosos que giran alrededor del Sol en elipses mas ó menos escéntricas, sin tratar de esplicar, como el inmortal autor de la *Mecánica celeste*, el orígen de la mayor parte de los cometas, por medio de porciones de materia desligadas de las nebulosas, y errantes de un mundo al otro (36), preciso es reconocer que los planetas con sus satélites no forman sino una muy pequeña parte del sistema solar, si se atiende al número y no á las masas.

Háse supuesto que los planetas telescópicos, Vesta, Juno, Ceres y Palas, forman una especie de grupo intermedio, y que sus órbitas, tan estrechamente enlazadas, tan inclinadas, tan escéntricas, determinan en el espacio una zona de separacion entre los planetas interiores, Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, y la region de los planetas esteriores Júpiter, Saturno y Urano (37). Estas dos regiones presentan con efecto, los mas sorprendentes contrastes. Los planetas interiores mas próximos al Sol, son de magnitud media y densidad considerable; giran lentamente sobre sí mismos en tiempos casi iguales (veinte y cuatro horas próximamente), son poco aplanados, y, salvo la Tierra, están

desprovistos totalmente de satélites; los planetas esteriores son de mucha mayor magnitud y cinco veces menos densos; su rotacion es por lo menos dos veces mas rápida, su aplanamiento mas marcado, y el número de sus satélites comparado con el de los planetas inferiores está en la relacion de diez y siete á uno, si es que Urano posee efectivamente las seis lunas que se le atribuyen.

Pero las consideraciones de donde hemos deducido los caractéres generales de estos dos grupos no pueden estenderse con igual grado de exactitud á cada uno de los planetas en particular, y no es fácil comparar asi, una á una, las distancias al centro comun de los movimientos con las magnitudes absolutas, las densidades con el tiempo de la rotacion, ni las escentricidades y la mútua inclinacion de las órbitas con los ejes máximos. No conocemos relacion necesaria entre los seis elementos que acabamos de enumerar y las distancias medias, é ignoramos si existe entre aquellas diversas magnitudes alguna ley de la Mecánica celeste, análoga por ejemplo, á la que relaciona los cuadrados de los tiempos periódicos á los cubos de los ejes máximos. Marte está mas lejano del Sol que Vénus y que la Tierra, y es sin embargo mas pequeño, y de todos los planetas de antiguo conocidos, del que difiere menos en cuanto al diámetro es de Mercurio, el planeta mas próximo al Sol. Saturno es mas pequeño que Júpiter; pero es mucho mayor que Urano. Mas aun: á la zona de los planetas telescópicos sucede inmediatamente Júpiter, el mas poderoso de todos los astros secundarios de nuestro sistema; y sin embargo, la superficie de aquellos asteroides, cuyo diámetro por su pequeñez escapa casi á nuestras mediciones, escede apenas en el duplo á la de Francia, Madagascar ó Borneo. Por sorprendente que pueda ser la densidad tan estraordinariamente débil de esos colosos planetarios que gravitan hácia el Sol en los confines de nuestro mundo, todavía, sin em-

bargo, se echa tambien aquí de menos la regularidad en la série decreciente (38); pues Urano parece ser mas denso que Saturno, aun admitiendo la masa calculada por Lamont, $^{1}/_{24605}$, que es el mas pequeño; y á pesar de la escasa diferencia que se observa en las densidades del grupo de los planetas mas próximos al Sol (39), encontramos de una y otra parte de la Tierra á Venus y Marte, que son los dos menos densos que nuestro planeta. En cuanto á la duracion de la rotacion, no hay duda que disminuye á medida que la distancia al Sol aumenta; sin embargo, Marte invierte mas tiempo en su rotacion que la Tierra, y Saturno mas que Júpiter. Las escentricidades mayores pertenecen á las elipses que describen Juno, Palas, y Mercurio, y las menores son las de Venus y la Tierra, dos planetas que se suceden sin embargo en el órden de las distancias. Mercurio y Venus nos ofrecen exactamente el mismo contraste que los cuatro planetas menores, porque las escentricidades poco diferentes de Juno y de Palas son triples que las de Ceres y de Vesta. Anomalías semejantes se nos presentan cuando consideramos la inclinacion de las órbitas sobre el plano de la ecliptica, y la posicion relativa de los ejes de rotacion; elementos que influyen, de muy distinta manera que la escentricidad, en los climas, en la estension del año y en la duracion variable de los dias. Las elipses mas prolongadas, las que recorren Juno, Palas y Mercurio, son tambien las mas inclinadas sobre la ecliptica, aunque en relaciones muy diferentes: la inclinacion de la órbita de Palas, á la que no se encuentran otras análogas sino entre los cometas, es próximamente veintiseis veces mayor que la de Júpiter; mientras que la del planeta menor Vesta, no obstante su proximidad á Palas, apenas escede del séstuplo del mismo ángulo. No se ha obtenido mejor éxito en el propósito de formar una série regular con las posiciones de los ejes de rotacion de los cuatro ó cinco planetas, respecto

de los cuales este elemento ha podido determinarse con exactitud. En lo tocante á Urano, á juzgar por la posicion de los planos de los dos únicos satélites que de nuevo han sido observados recientemente, la inclinacion de su eje de rotacion sobre el plano de su órbita apenas llegará á 11°; de suerte que Saturno se encuentra asi colocado bajo este respecto entre Júpiter, cuyo eje de rotacion es casi perpendicular al plano de su órbita, y Urano.

Parece resultar de la enumeracion de estas irregularidades, que el mundo de las formaciones celestes debe ser aceptado como un hecho, como un dato natural que se oculta á las especulaciones del espíritu, por la carencia de todo enlace visible entre la causa y el efecto. En otros términos: las relaciones de magnitud absoluta y de posicion relativa de los ejes, las razones en que están las densidades en el sistema planetario, las duraciones de rotacion y las escentricidades, son cosas que no nos parecen mas ni menos necesarias en la naturaleza que la distribucion de las aguas y de las tierras en la superficie de nuestro globo, los contornos de sus continentes ó la altura de sus cadenas de montañas. Ninguna ley general puede establecerse bajo estas diferentes relaciones, ni en los cielos ni en las desigualdades de las capas terrestres: esos son otros tantos hechos naturales producidos por el conflicto de fuerzas múltiples, que se han movido en otro tiempo en condiciones del todo desconocidas hoy. Ahora bien: en materia de cosmogonía el hombre atribuye á la casualidad lo que no puede esplicar por la accion generatriz de las fuerzas que le son familiares. Con todo, si los planetas se han formado por la condensacion progresiva de anillos de materias gaseosas, concéntricas al Sol, las densidades, las temperaturas, las tensiones magnéticas desiguales de estos anillos, justifican las diferencias actuales de forma y de magnitud, asi como las velocidades primitivas de rotacion, y pequeñas variaciones en la direccion

del movimiento, pueden darnos cuenta de las inclinaciones y de las escentricidades. Por otra parte, las atracciones de las masas y las leyes de la gravedad, debieron de jugar aquí su papel, como en los solevantamientos que produjeron las irregularidades de la superficie terrestre; aunque es imposible deducir del estado actual de las cosas la série entera de las variaciones que han debido recorrer antes de llegar á él. En cuanto á la ley bien conocida por la que se han querido relacionar las distancias de los planetas al Sol, háse demostrado su inexactitud numéricamente respecto de los intervalos que separan á Mercurio, Vénus, y la Tierra de aquel astro, dado que por otra parte no estuviese, como lo está, en contradiccion manifiesta con la nocion misma de série, á causa del primer término que en ella se supone.

Los once planetas principales que hoy componen el sistema solar, van acompañados en sus movimientos por catorce planetas secundarios (*lunas ó satélites*) cuya existencia es incontestable; número que se elevaria á diez y ocho si se tuviesen en cuenta cuatro satélites cuya realidad no está bien determinada. Asi, pues, los planetas principales son á su vez los centros de los movimientos de sistemas subordinados. Evidentemente, la naturaleza ha procedido en las formaciones celestes como en el reino de la vida orgánica, donde tan frecuente es que las clases secundarias reproduzcan los tipos primitivos alrededor de los cuales vienen á agruparse los animales y los vegetales. Los satélites son mas numerosos hácia las regiones estremas del mundo planetario, mas allá de las órbitas, tan íntimamente ligadas, de los planetas que se llaman menores. Pero los planetas del lado opuesto están desprovistos de lunas, escepto la Tierra, cuyo satélite es proporcionalmente desmesurado, como que su diámetro equivale á la cuarta parte del de nuestro globo, siendo así que el mayor satélite conocido, la sesta luna de Saturno, es linealmente diez

y siete veces mas pequeño que este último astro. Los planetas mas apartados del Sol, los mayores, los menos densos y mas aplanados, son precisamente los que poseen mayor número de satélites. Ni el mismo Urano forma escepcion de esta regla bajo ningun concepto, pues su aplanamiento, determinado por las nuevas investigaciones de Mædler, escede en $^1/_{10}$ al de todos los demás planetas. Pero en aquellos lejanos sistemas, la diferencia de diámetros y de masas entre los satélites y el astro central, es mucho mas pronunciada que en el sistema análogo formado por la Tierra y la Luna (40), que distan entre sí 38,400 miríametros (51,800 millas geográficas). Las relaciones de densidad son tambien en todo diferentes; porque la densidad de la Luna es $^5/_9$ de la de la Tierra; al paso que el segundo satélite de Júpiter parece mas denso que su planeta central, si es permitido prestar siempre una entera confianza á determinaciones tan delicadas como lo son las de las masas y volúmenes de aquellos satélites.

De entre todos estos sistemas secundarios, al menos entre aquellos cuya teoría ofrece un cierto grado de exactitud, el mas singular es seguramente el mundo de Saturno, en el cual se encuentran reunidos los casos estremos por lo tocante á las magnitudes absolutas y distancias de los satélites al planeta central. Asi, pues, el sesto y sétimo satélite de Saturno son enormes, de volúmen muy superior al de todos los de Júpiter, y principalmente el sesto que quizás difiera poco de Marte, cuyo diámetro es precisamente el doble del diámetro de nuestra Luna; mientras que por el contrario, los dos satélites mas próximos á Saturno, que descubrió en 1787 William Herschell con el auxilio de su telescopio de 40 pies, y mas tarde observados á duras penas por John Herschell en el Cabo de Buena-Esperanza, por Vico en Roma, y por Lamont en Munich, son, juntamente, con los satélites de Urano, los astros mas pe-

queños y los menos visibles de todo nuestro sistema solar; los telescopios mas graduados no bastarian si además no se saben escoger las circunstancias mas favorables para observarlos. Por otra parte, los discos aparentes de todos estos satélites, son tan estremadamente pequeños, que la determinacion de sus dimensiones reales no puede obtenerse sino por medidas micrométricas, que ofrecen todo género de dificultades; felizmente la astronomía calculadora, que representa por números los movimientos de los astros, tales como se aparecen al observador colocado en la tierra, tiene menos necesidad de conocer con exactitud los volúmenes, que las masas y las distancias.

De todos estos planetas secundarios, el sétimo satélite de Saturno es el que mas se aparta de su planeta central. Dista de él unos 333 mil miriámetros próximamente, casi el décuplo que la Luna de la Tierra. El último satélite de Júpiter está á 19,300 miriámetros de su planeta central; verdad es que el sesto de Urano, distaria 252,000 miriámetros, si estuviera bien comprobada su existencia. Para acabar de poner de relieve estos singulares contrastes, comparemos ahora el volúmen de cada planeta central con las dimensiones de la órbita que recorre su último satélite. Las distancias de los últimos satélites de Júpiter, Saturno y Urano, espresadas en radios de sus planetas centrales respectivos, son entre sí como 91, 64 y 27; en cuyo caso el sétimo satélite de Saturno apenas dista del centro de este planeta, lo que la Luna del centro de la Tierra, pues la diferencia no escederá de $^1/_{15}$. El satélite mas aproximado á su planeta central es sin duda el primero de Saturno, que nos ofrece además el ejemplo único de una revolucion entera verificada en menos de veinticuatro horas. Su distancia, espresada en semidiámetros de Saturno, es de 2,47, segun Mædler, que vienen á ser 14,857 miriámetros, reduciríase á 8,808 miriámetros si se la contase á partir de la superfi-

cie de Saturno, y á 912 miriámetros desde el borde esterior del anillo: distancia bien pequeña, de la cual se comprende que pueda un viajero darse exacta idea, si se recuerda la asercion del atrevido navegante Beechey, que dice haber recorrido 18,200 millas geográficas (13,500 miriámetros) en tres años. Por último, si en lugar de comparar entre sí las distancias absolutas, continuamos evaluándolas en radios de cada planeta central, hallaremos que la distancia del cuarto satélite de Júpiter al centro de este planeta (distancia que escede en realidad 4,800 miriámetros de la que hay de la Luna á la Tierra) se reduce á seis semidiámetros de Júpiter, en tanto que la Luna dista de nosotros 60 $^1/_3$ radios terrestres.

Por lo demás, las relaciones mútuas de los satélites entre sí y con sus planetas centrales, prueban que estos mundos secundarios estan sometidos á las leyes de la gravitacion que rigen los movimientos de los planetas alrededor del Sol. Del mismo modo que estos, los doce satélites de Saturno, de Júpiter y de la Tierra se mueven de Occidente á Oriente, en elipses que se diferencian poco del círculo. La Luna, y el primer satélite de Saturno, cuya escentricidad es de 0,068, son los únicos de órbita mas elíptica que la de Júpiter. La órbita del sesto satélite de Saturno, que ha sido calculada con bastante exactitud por Bessel, ofrece una escentricidad de 0,029, superior por consiguiente á la de la Tierra. En los confines del mundo planetario, en aquellas regiones apartadas de nosotros 19 radios de la órbita terrestre, en donde la fuerza central del Sol se halla notablemente debilitada, el sistema de los sátelites de Urano presenta anomalías verdaderamente raras. Mientras que los demás satélites recorren, como los planetas, órbitas poco inclinadas sobre el plano de la eclíptica y se mueven de Occidente á Oriente, sin esceptuar el anillo de Saturno que podria asimilarse á una agregacion de satélites confundidos en-

tre sí, ó invariablemente ligados, los satétites de Urano por el contrario, se mueven del Este al Oeste y en planos situados casi perpendicularmente á la ecliptica. Las observaciones que sir John Herschell ha hecho durante muchos años, confirman plenamente estas singularidades. Si los planetas y sus satélites se han formado por la condensacion de las atmósferas primitivas del Sol y de los planetas principales; si estas atmósferas se han dividido sucesivamente en anillos fluidos animados por un movimiento de rotacion, preciso es que se hayan producido de una manera desconocida efectos de retraso ó de reaccion muy enérgicos, en los anillos de Urano, para que los movimientos del segundo y cuarto satélite se efectúen en sentido inverso á la rotacion del planeta central.

Es casi seguro, que cada satélite dá una vuelta completa sobre su eje en el mismo tiempo que emplea en su revolucion sideral alrededor del planeta á quien sigue; de donde se deduce que el satélite debe siempre presentar la misma cara al planeta. En realidad, estos dos períodos no pueden ser rigorosamente idénticos, por razon de las desigualdades periódicas de la revolucion sideral; tal es la principal causa de la oscilacion aparente, es decir, de una especie de balanceo que en nuestra Luna llega á muchos grados de longitud y latitud. Asi es como descubrimos sucesivamente algo mas de la mitad de la superficie de nuestro satélite, hallándose la parte nuevamente visible, ya al Este, ya al Oeste del disco aparente. Estos pequeños movimientos oscilatorios, y otros del mismo género que se manifiestan hácia los polos, dejan ver mejor en ciertas épocas partes interesantes, tales como el circo de Malapert que oculta á veces el polo austral de la Luna, las regiones árticas que rodean el cráter de Gioja, y la gran llanura pardusca, situada cerca de Endimion, cuya estension escede á la del *Mare vaporum* (41). Sin embargo, los $^3/_7$ de la superficie

total de la Luna escapan á nuestras miradas y quedaran ocultos para nosotros eternamente, salva la intervencion poco probable de nuevas fuerzas perturbadoras. La contemplacion de estas grandiosas leyes del mundo material convida alespíritu á buscar alguna analogía en el mundo de la la inteligencia, y se piensa entonces en esas regiones inaccesibles donde la naturaleza ha sepultado el misterio de sus creaciones, cuyo destino parece ser el de quedar ignoradas para siempre, bien que de siglo en siglo la naturaleza nos las haya enseñado en partes muy pequeñas, de que el hombre ha podido recoger una verdad mas, á veces una ilusion.

Hasta aquí hemos considerado como productos de una velocidad originaria, y como unidos entre sí por el lazo poderoso de una atraccion recíproca, primeramente á los planetas, despues á los satélites y á los anillos concéntricos en forma de arco no interrumpido, de que nos ofrece ejemplo uno de los planetas mas lejanos. Réstanos aun señalar otros cuerpos que se mueven tambien alrededor del Sol, cuya luz reflejan, y sea en primer lugar del innumerable enjambre de los cometas. Cuando inquirimos segun las reglas del cálculo de las probabilidades la distribucion uniforme de las órbitas de estos astros, los límites de sus mas cortas distancias al Sol y la posibilidad de que escapen á las miradas de los habitantes de la tierra, llegamos á asignarles un número cuya enormidad admira. Ya Keplero decia, con aquella vivacidad de espresion que poseia en tan alto grado. «Mas cometas hay en el cielo que peces en el Océano.» Y sin embargo, el número de las órbitas calculadas hasta hoy apenas llega á 150, si bien es cierto que se evalua en seis ó setecientos el número de cometas cuya aparicion y curso á través de las constelaciones conocidas se hallan comprobados en documentos mas ó menos auténticos. Mientras que los pueblos clásicos del Occidente, los Griegos y los Romanos, se limitaban á indicar de cuando en cuando el lugar del cielo en

que un cometa aparecia, sin precisar jamás su trayectoria aparente, los Chinos, por el contrario, observaban y anotaban con cuidado todos estos fenómenos, de suerte que sus ricos anales contienen detalles circunstanciados acerca del camino seguido por cada cometa. Estos documentos se remontan á mas de cinco siglos antes de la era critiana, y los astrónomos sacan aún de ellos útiles resultados (42).

Entre todos los astros de nuestro sistema solar, los cometas, con sus largas colas, á veces de muchos millones de leguas, son los que llenan los mayores espacios con menor cantidad de materia. En efecto, es imposible atribuirles una masa equivalente á $^1/_{5000}$ de la masa terrestre, cuando menos si se atiende á los únicos datos que se tienen hoy acerca de este punto; y sin embargo, el cono de materias gaseiformes que los cometas proyectan á lo lejos, ha sido algunas veces (en 1680 y en 1811) de longitud igual á la de una línea que se tirase desde la Tierra al Sol; línea inmensa que atraviesa la órbita de Mercurio y la de Venus. Parece tambien que estas emanaciones han llegado á nuestra atmósfera, y para mezclarse á ella, singularmente en 1819 y en 1823.

Se presentan los cometas bajo aspectos tan diversos, con relacion mas bien á los individuos que á la especie misma, que seria imprudente generalizar los hechos observados y aplicarlos indistintamente á todas las apariciones de *estas nubes errantes*; nombre que las daban ya Xenophanes y Theon de Alejandria, contemporáneo de Pappus. Los cometas telescópicos están casi siempre desprovistos de cola, y se parecen á las estrellas nebulosas de Herschell, pues presentan el aspecto de nebulosidades redondeadas, de luz pálida y concentrada hácia el medio. Tal es, por lo menos, el tipo mas sencillo de la especie; pero no lo señalamos como tipo de un astro naciente, porque puede referirse igualmente á astros antiguos, cuya materia se hubiese volatilizado y di-

seminado poco á poco en el espacio. Cuando se trata de cometas mayores y mas visibles, se distingue en ellos la *cabeza*, *el cuerpo y la cola* simple ó múltiple, á la cual los astrónomos Chinos daban el pintoresco nombre de escoba (*sui*). En general el núcleo no tiene contornos bien definidos; sin embargo, se han visto algunos tan brillantes como las estrellas de primera ó de segunda magnitud, y aun en pleno dia hasta en la parte del cielo mas iluminada por el sol, se distinguieron los núcleos de los grandes cometas que aparecieron en los años 1402, 1532, 1577, 1744 y 1843 (43); hechos notables de donde podria deducirse que la materia de los cometas está á veces condensada y mas apta para reflejar la luz solar. Los únicos cometas que han presentado un disco bien determinado en los grandes telescopios de Herschell (44) son el cometa de 1807 descubierto en Sicilia, y el magnífico de 1811, cuyos discos tenian 1″ y 0″,77 de diámetro aparente, lo cual dá 100 y 79 miriámetros para los diámetros reales. Los núcleos, de contornos menos claros, de los cometas de 1798 y 1805 no tenian mas que cuatro ó cinco miriámetros de diámetro. Los cometas cuya constitucion física fué mejor estudiada, y sobre todo el cometa ya citado de 1811 que permaneció visible tan largo tiempo, presentaron la particularidad notable de que el núcleo no parecia formar cuerpo con la nebulosidad luminosa que le rodeaba, viéndose por todas partes un espacio oscuro que mútuamente los aislaba. Además, la intensidad de la luz, no crecia regularmente del estremo al centro de la cabeza, dibujándose brillantes zonas concéntricas alternando con capas de una nebulosidad mas rara y menos reflectantes, y por consiguiente mas oscuras. Unas veces la cola es simple, otras es doble, y en este último caso las dos ramas tienen ordinariamente longitudes muy desiguales (1807 y 1843); el cometa de 1744 tenia una cola séstupla cuyos radios estremos formaban un ángulo de 60°. La cola es, ademas,

recta ó curva; en este último caso puede ser cóncava por sus dos bordes esteriores (1811), ó por un solo lado, y entonces la concavidad está dirigida hácia la region que abandona el cometa, á manera de llama obligada á quebrarse por un obstáculo. Finalmente, las colas están siempre opuestas al Sol, y dirigidas en el sentido de una línea que partiendo de su orígen fuese á parar al centro de aquel astro. Segun Eduardo Biot, esta observacion capital habia sido notada ya en el año 837 por los astrónomos chinos; pero no fue señalada en Europa hasta el siglo XVI por Fracastor y por Pedro Apiano, si bien con mayor exactitud. Muchas de estas apariencias ópticas tan complicadas se esplican de una manera muy sencilla, considerando las emanaciones gaseosas que proyectan á lo lejos los cometas, como atmósferas de forma conoidal de capas múltiples.

Para encontrar diferencias salientes en la forma de estos astros, no es indispensable pasar de un cometa á otro y comparar los cometas desprovistos de apéndice visible con el 3° de 1618, por ejemplo, cuya cola tenia 104° de longitud; porque está fuera de duda que un cometa esperimenta cambios contínuos que se suceden con sorprendente rapidez. Heinsius lo comprobó en San-Petersburgo con el cometa de 1744; pero las observaciones más exactas y decisivas acerca de estas variaciones de forma las hizo Bessel en Kœnigsberg á la última reaparicion del cometa de Haley en 1835. Hácia la parte del núcleo que miraba directamente al Sol se apercibió un apéndice luminoso en forma de borla, cuyos rayos se encorvaban por detrás y venian á confundirse con la cola; «el núcleo del cometa de Halley se parecia con sus efluvios á un cohete volante algun tanto quebrado de cola por el impulso de una brisa ligera.» Arago y yo hemos notado desde el Observatorio de París cambios notables, de una noche á otra, en los rayos emi-

tidos por la cabeza del cometa. (45) El gran astrónomo de Kœnigsberg ha deducido de sus numerosas medidas y consideraciones teóricas, «que el cono luminoso se alejaba poco á poco de la direccion del radio vector en una cantidad considerable, pero que volvia siempre á la misma direccion para separarse de ella enseguida del lado opuesto; por consiguiente, el cono luminoso y el cuerpo del cometa de donde habia sido proyectado, debian estar animados de un movimiento de rotacion ó mas bien de oscilacion en el plano de la órbita. Estas oscilaciones no pueden esplicarse por la atraccion que el Sol ejerce sobre todos los cuerpos pesados, denotan mas bien la existencia de una fuerza polar, es decir, de una accion que pugnase por llevar en direccion del Sol la estremidad de uno de los diámetros del cometa, y por alejar del mismo astro la otra estremidad. La polaridad magnética de la Tierra, ofrece fenómeno análogo; y si el Sol estuviese dotado de la polaridad inversa, el efecto *podria* hacerse sentir en la retrogradacion de los puntos equinocciales.» No es aquí lugar de dar mas amplios desarrollos á este asunto; pero nos ha parecido que observaciones tan memorables (46), consideraciones tan grandiosas acerca de los astros mas estraordinarios del sistema solar, merecian tener sitio propio en el bosquejo de un cuadro general de la naturaleza.

Contra la regla general que siguen las colas de los cometas de hacerse mayores y mas brillantes en la proximidad del perihelio, aunque permaneciendo constantemente en direccion opuesta al Sol, el cometa de 1823 ha ofrecido el curioso espectáculo de una cola doble, una de cuyas ramas se contraponia al Sol mientras que la otra se estendia casi rectamente hácia este astro formando con la primera un ángulo de 160°. ¿No podriamos recurrir para esplicar este fenómeno escepcional, á ciertas modificaciones de la polaridad obrando sucesivamente y provocando esas dos

corrientes de materia nebulosa que luego pudieron continuarse libremente? (47) En la filosofía natural de Aristóteles se encuentra una conexion estraña entre la via láctea y los fenómenos que acabamos de describir. Supone el Estagirita que las innumerables estrellas de que está compuesta la vía láctea, forman en el firmamento una zona incandescente (luminosa), como un inmenso cometa cuya materia se renueva sin cesar. (48)

Las ocultaciones de estrellas causadas por el núcleo de un cometa ó por la capa atmosférica que inmediatamente le rodea, nos daria mucha luz sobre la constitucion física de estos notables astros, si existiesen observaciones por cuya virtud hubiéramos podido llegar al convencimiento de que la ocultacion ha sido realmente central (49); pero esta condicion se obtiene difícilmente, merced álas capas concéntricas de vapores alternativamente densos y raros que rodean el núcleo y de que antes hemos hablado. He aquí, sin embargo, un hecho de esta especie que las medidas llevadas á cabo por Bessel el 29 de setiembre de 1835, han puesto fuera de toda duda. Una estrella de décima magnitud se hallaba entonces á 7″, 78 del centro de la cabeza del cometa de Halley, y su luz debia atravesar una parte bastante densa de la nebulosidad; el rayo luminoso, sin embargo, no se separó en nada de su direccion rectilínea (50). Una carencia tan completa de poder refringente, no permite admitir que la materia de los cometas sea un fluido gaseiforme. ¿Deberemos, pues, recurrir á la hipótesis de un gas casi infinitamente enrarecido, ó bien habremos de suponer que los cometas consistan en moléculas independientes, cuya reunion forma nubes cósmicas desprovistas de la facultad de obrar sobre los rayos luminosos, de igual manera que las nubes de nuestra atmósfera, que no alteran nada las distancias zenitales de los astros que observamos? En cuanto á la disminucion de luz que las

estrellas sufren al parecer por la interposicion de la sustancia cometaria, hásele atribuido justamente al fondo iluminado sobre el cual se proyectan entonces sus imágenes.

Debemos á las investigaciones de Arago sobre la polarizacion los datos mas importantes y decisivos acerca de la naturaleza de la luz de los cometas. Su polariscopo le ha servido para resolver los mas difíciles problemas, así sobre la constitucion física del Sol como de los cometas. Este instrumento permite en muchas circunstancias, determinar si un rayo de luz, que llega hasta nosotros luego de haber recorrido un espacio cualquiera, es un rayo directo, un rayo reflejado, ó un rayo refractado; y si el manantial de luz de donde emana es un cuerpo sólido, líquido ó gaseíforme. Con ayuda de este aparato, fueron analizadas simultáneamente en el observatorio de París la luz de la Cabra, y la del gran cometa de 1819: la luz de la estrella fija obró como debia esperarse, es decir, como deben hacerlo los rayos emitidos bajo todas las inclinaciones y en todos los azimúts posibles por un sol que brilla con luz propia, mas la luz del cometa apareció polarizada, y tenia por consiguiente luz refleja (51).

La existencia de rayos polarizados en la luz que nos llega de los cometas no ha sido únicamente comprobada por la desigualdad de brillo de dos imágenes, pues de ello nos ha dado una nueva prueba el contraste sorprendente de los colores complementarios, basado en las leyes de la polarizacion cromática descubierta por Arago en 1811. Estas observaciones se renovaron con el mismo resultado en 1835, época de la última aparicion del cometa de Halley. Sin embargo, estos brillantes trabajos no son bastantes para decidir si de la luz propia de los cometas, no se mezcla nada, á la luz solar que estos astros reflejan; combinacion de la cual ciertos planetas, tal como Venus, ofrecen un ejemplo bastante probable.

Tampoco es posible atribuir todas las variaciones que se han notado en el brillo de los cometas á sus cambios de posicion relativamente al Sol. Pueden nacer tambien de la condensacion progresiva y de las modificaciones que debe esperimentar el poder reflectante de las materias que los forman. Hevélius descubrió que el núcleo del cometa de 1618 se disminuyó á su paso por el perihelio y se dilataba á medida que el astro alejábase del Sol. Estos hechos notables fueron largo tiempo olvidados, y Val fué quien renovó sus observaciones sobre los cometas de corto período; el hábil astrónomo de Marsella hizo ver con cuanta regularidad decrece el volúmen de los cometas al mismo tiempo que su rádio vector; pero parece bien difícil encontrar la esplicacion de este fenómeno en la accion de un éter cósmico mas condensado hácia el Sol, porque entonces seria necesario representarnos la atmósfera de los cometas como una masa gaseosa impenetrable al éter (52).

Merced á la variedad de formas de las órbitas cometarias, la astronomía solar se ha enriquecido en estos últimos tiempos con un brillante descubrimiento. Encke demostró la existencia de un cometa de corto período que no se aparta jamás de la region en que se mueven los planetas, y tiene situado el punto de su órbita mas lejano del Sol, entre la region de los planetas menores y la de Júpiter. Su escentricidad es de 0,845 (la de Juno, la mas fuerte de todas las escentricidades planetarias es de 0,255.) El cometa de Encke se ha presentado á la simple vista, en diferentes ocasiones, especialmente en 1819 en Europa y en 1822 en la Nueva Holanda, donde le vió Rümker, pero siempre con dificultad. El tiempo de su revolucion es próximamente de tres años y medio. Resulta de una comparacion bastante minuciosa entre los pasos sucesivos de este cometa por el perihelio, que los periodos comprendidos entre 1786 y 1838 han disminuido regularmente de revolucion en revolucion,

dando una variacion total para los cincuenta y dos años de 1 dia y $^{8}/_{10}$. Para armonizar juntamente los cálculos y las observaciones, no ha bastado llevar una cuenta exacta de las perturbaciones planetarias, y ha sido preciso recurrir á una hipótesis, en parte muy verosímil, y suponer que los espacios celestes están llenos de una materia fluida escesivamente ténue, que opone cierta resistencia á los movimientos, disminuye la fuerza tangencial, y tambien por consiguiente, los grandes ejes de las órbitas cometarias. El valor de la *constante* de esta resistencia parece poco diferente antes y despues del paso del cometa por su perihelio, quizás á causa de las variaciones de forma que esperimenta entonces esta pequeña nebulosidad, ó de la densidad variable de las capas formadas por el éter cósmico (53). Estos hechos, así como las teorías que de ellos nacen, son seguramente una de las partes mas interesantes de la astronomía moderna. Añadamos que los cálculos de las perturbaciones del cometa de Encke han dado ocasion de someter á una prueba delicada la masa de Júpiter, que juega tan importante papel en la astronomía, y producido una disminucion sensible en los cálculos hechos sobre la de Mercurio.

A este primer cometa de corto periodo hay que agregar otro, el de 1826, tambien planetario, cuyo afelio está colocado mas allá de la órbita de Júpiter, pero mas lejos aun de la de Saturno. Este cometa, llamado de Biela, efectúa su revolucion alrededor del Sol en 6 años y $^{3}/_{4}$. Es mas débil que el de Encke, y se mueve, como este, en el mismo sentido que los planetas, en tanto que el cometa de Halley es retrógrado. Este es el único caso que se ha presentado hasta aquí de un cometa que corta la órbita terrestre, y que podria ocasionar por su encuentro con la Tierra una catástrofe, si es permitido emplear esta voz hablando de un fenómeno desconocido en la historia y cuyas consecuencias escapan á toda apreciacion. Es cierto que pequeñas masas

animadas de una velocidad enorme, pueden producir efectos considerables; pero despues de haber probado Laplace que es imposible atribuir al cometa de 1770 ni aun los $^{5}/_{1000}$ de la masa de la Tierra, ha calculado con bastantes visos de probabilidad que la masa *media* de los cometas es inferior en $^{1}/_{100000}$ de la de la Tierra (próximamente $^{1}/_{1200}$ de la masa de la Luna) (54). Sea como quiera, es preciso guardarnos de confundir el encuentro de la Tierra y del cometa de Biela con el paso de este á través de nuestra órbita; paso que se verificó el 29 de octubre de 1832, hallándose la Tierra entonces á una distancia tal de este punto de su órbita, que no llegó á él sino al cabo de un mes entero.

Las órbitas de estos dos cometas de breve periodo se cortan tambien entre sí, no siendo por lo tanto improbable, atendidas las fuertes perturbaciones á que están sometidos estos pequeños astros, que puedan encontrarse y chocar (55). Si tal acaeciese efectivamente, á mediados de un mes de octubre, los habitantes de la Tierra presenciarían el maravilloso espectáculo del choque de dos cuerpos celestes, ó mas bien de su mútua penetracion, tal vez de una aglutinacion que los reuniese en un solo cuerpo, ó quizás tambien los veriamos disiparse completamente en el espacio. Tales consecuencias de la accion perturbadora de las masas preponderantes ó de la situacion relativa de órbitas que se cruzaron siempre, pueden muy bien haberse realizado frecuentemente, há miles de siglos, en la inmensidad de los cielos; estos acontecimientos no dejarian de ser por ello accidentes aislados, sin accion sobre los grandes hechos generales, y sin mas influencia que la erupcion ó la obliteracion que un volcan puede tener en el estrecho dominio que ocupamos.

Un tercer cometa de corto periodo ha sido descubierto por Faye el 22 de noviembre de 1843 en el Observatorio de París. Su órbita elíptica se acerca mas á la

forma circular que la de todo otro planeta conocido, y está comprendida entre la órbita de Marte y la órbita de Saturno. El cometa de Faye, que segun los cálculos de Goldsmidt, rebasa en su afelio la region de Júpiter, pertenece al pequeño número de cometas cuyo perihelio está situado mas allá de la órbita de Marte. Su periodo es de siete años $^{29}/_{100}$, y la forma actual de su órbita es debida quizás á la accion perturbadora de Júpiter, del cual estuvo muy cerca este cometa hácia fines del año 1839.

Si consideramos á todos los cometas de órbitas elípticas como partes integrantes del mundo solar, y los colocamos por el órden de sus grandes ejes y de sus escentricidades, encontraremos muchos que pueden ponerse inmediatamente despues de los tres cometas planetarios de Encke, Biela y Faye. En primer lugar el cometa descubierto por Messier en 1766, que Clausen mira como idéntico al tercer cometa de 1819; despues, el cuarto cometa de este último año descubierto por Blanpain, y análogo, segun Clausen, al cometa directo de 1743 (este cometa como el de Lexell, han debido esperimentar fuertes perturbaciones por parte de Júpiter). Sus períodos parecen ser de cinco á seis años, y sus afelios caen en la region de Júpiter. Vienen luego los cometas cuyo período está comprendido entre setenta y setenta y seis años; y son: el cometa de Halley, que tan importante papel ha jugado en la teoría y la física del cielo, cuya última reaparicion (1835) fué menos brillante que las precedentes; el cometa de Olbers (6 de Marzo de 1815), y el descubierto por Pons en 1812, cuya órbita elíptica fué calculada por Encke. Estos dos últimos no han sido nunca perceptibles á simple vista. Conocemos actualmente nueve apariciones ciertas del gran cometa de Halley, por los recientes cálculos de Langier, fundados en la nueva tabla de cometas, extractada por Eduardo Biot de los Anales chinos, dejan fuera de toda duda la identi-

dad del cometa de 1378 con el de Halley. (56) De 1378 á 1835, el tiempo de la revolucion del cometa de Halley ha variado de 74,91 á 77,58 años; siendo el período intermedio de 76,1.

Esta clase de cometas contrasta con otro grupo de astros del mismo género, cuyo período siempre incierto y difícil de determinar, abraza muchos miles de años. Tales son entre otros, el bello cometa de 1811, que emplea 3,000 años segun los cálculos de Arlegander, en verificar su revolucion, y el sorprendente de 1680, cuyo tiempo periódico pasa de ochenta y ocho siglos, segun Encke. El primero de estos astros se aleja del Sol ventiun radios de la órbita de Urano, y el otro, cuarenta y cuatro, ó sean respectivamente 6200 y 13000 millones de miriámetros. La fuerza atractiva del Sol alcanza, pues, aún á estas enormes distancias; pero debe tenerse en cuenta que el cometa de 1680 recorre 393 kilómetros por segundo en su perihelio, cuya velocidad es entonces trece veces mayor que la de la Tierra, al paso que en su afelio se mueve apenas á razon de 3 metros por segundo próximamente; velocidad casi triple de la que llevan los rios de Europa, é igual á la mitad de la que he comprobado en un brazo del Orinoco, el Cassiquiare. Entre los cometas que no han podido calcularse, y en el número inmenso de los que han pasado desapercibidos, deben ciertamente encontrarse algunos cuyo eje mayor exceda bastante del de 1680. Limitándonos á este último, citaremos algunos números por donde pueda formarse idea, no de la estension que abraza la esfera de atraccion de los otros Soles, sino únicamente de la distancia que los separa aun del afelio, ya de por sí tan remoto, de dicho cometa. Segun recientes determinaciones del paralaje de las estrellas mas próximas, distan estas del Sol doscientas cincuenta veces mas que el afelio del cometa de 1680; porque esta última distancia equivale á cuarenta y cuatro radios de la órbita de Ura-

no, al paso que la estrella α de Centauro está á 11000 radios de la misma órbita, y la estrella 61° del Cisne á 31000.

Despues de habernos ocupado de los casos en que los cometas se alejan mas del astro central, réstanos hablar de las mas cortas distancias que hasta ahora han sido medidas. El cometa de Lexell y de Burckhardt (1770), célebre por las fuertes perturbaciones que ha esperimentado del lado de Júpiter, es de todos los conocidos el que se ha acercado mas á la Tierra, pues el 28 de junio se hallaba á una distancia tan solo seis veces mayor que la de la Luna. Este mismo cometa atravesó dos veces, á lo que parece (en 1767 y en 1779) el sistema de los cuatro satélites de Júpiter, sin causar ningun trastorno en estos pequeños astros, cuyos movimientos son tan bien conocidos. La distancia del cometa de 1680 al Sol, fué ocho ó nueve veces menor que la del cometa de Lexell á la Tierra, pues el 17 de diciembre, dia de su paso por el perihelio, esta distancia no era mas que la sesta parte del diámetro solar que equivale á los $^{7}/_{10}$ de la distancia de la Luna. En cuanto á los cometas cuyo perihelio se encuentra mas allá de la órbita de Marte, son raramente visibles para los habitantes de la Tierra, á causa de su alejamiento; sin embargo, el cometa de 1729 llegó á su perihelio en la region situada entre las órbitas de Palas y de Júpiter, y fué observado aun mas allá de este último planeta.

Desde que los conocimientos científicos, mezclados de algunas nociones imperfectas y confusas, han penetrado mas hondamente en la sociedad, háse esta preocupado mas que otras veces de las catástrofes de que estamos amenazados por el mundo de los cometas, si bien sus temores han tomado una direccion menos vaga. La certeza que existe, sin salir del seno mismo de nuestro mundo planetario, de que hay cometas que recorren tras cortos intervalos las regiones en que la Tierra ejecuta sus movimientos; las pertur-

baciones considerables que Júpiter y Saturno producen en sus órbitas, perturbaciones cuyo resultado puede ser transformar un astro indiferente en un astro poderoso; el cometa de Biela que corta la órbita de la Tierra; el éter cósmico, cuya resistencia tiende á reducir todas las órbitas; las diferencias individuales de estos astros, que dejan sospechar los grados mas diversos en la cantidad de materia de que están formados sus núcleos: tales son actualmente los motivos de nuestras aprensiones, que reemplazan por su número los vagos terrores que han inspirado á los siglos mas atrasados, las *espadas inflamadas*, las *estrellas de cabellera* que amenazaban abrasar al mundo en universal incendio.

Los motivos de seguridad, basados en el cálculo de las probabilidades, obran sobre el entendimiento ilustrado por un razonado estudio del asunto, pero no bastarán á producir la conviccion profunda que resulta del asentimiento de todas las fuerzas de nuestra alma; son impotentes para la imaginacion; y no está desprovista de justicia la censura que se ha hecho á la ciencia moderna, de querer ahogar las preocupaciones que ella misma ha despertado. Siempre lo imprevisto, lo extraordinario, darán orígen al temor, jamás á la alegría ni á la esperanza (57); ley secreta de la naturaleza humana que no debe despreciar un investigador reflexivo. En todos los paises y en todas las épocas, el aspecto estraño de un cometa, la pálida claridad de su cabellera, su súbita aparicion en el firmamento, han producido en el ánimo de los pueblos el efecto de una temible fuerza, amenazadora del órden establecido de antiguo en la creacion; y como el fenómeno está limitado á un corto tiempo, afírmase la creencia de que su accion debe ser inmediata, ó por lo menos próxima; ahora bien; los acontecimientos de este mundo ofrecen siempre en su encadenamiento un hecho que puede mirarse como la realizacion de un presagio funesto. Diríase, sin

embargo, que las tendencias populares han tomado en nuestra época otra direccion, y han revestido una forma menos sombría; pues vemos que en los graciosos valles del Rhin y del Mosela se atribuye hoy á estos astros, por tan largo tiempo calumniados, una bienhechora influencia sobre la fertilidad de los viñedos. Aunque en nuestra época abundan los cometas, y no han faltado tampoco ejemplos contrarios á este mito meteorológico, nada ha podido quebrantar la nueva creencia de que estos astros errantes nos traen fecundante calor.

Abandono por ahora este asunto para pasar á otra série de fenómenos aun mas misteriosos : hablo de esos pequeños asteroides cuyos fragmentos toman el nombre de *piedras meteóricas* ó de *aerolitos*, al penetrar en nuestra atmósfera. Si entro aquí, como al tratar de los cometas, en detalles que á primera vista pueden parecer estraños al plan de esta obra, no es sino despues de haberlo reflexionado con madurez. He indicado todo lo que tienen de variable y de individual, los caractéres distintivos de estos astros, y cómo la ciencia, tan adelantada bajo el aspecto de las medidas y los cálculos, parece atrasada relativamente á la constitucion física de los cometas. Y en efecto, se hace imposible discernir actualmente, en medio de esta gran masa de observaciones mas ó menos exactas, qué hechos son generales y esenciales, y qué otros accidentales ó particulares. Así las cosas, hemos debido limitarnos á describir los principales caractéres físicos, lo que podríamos llamar las diferencias de fisonomía; á comparar la duracion de las revoluciones; á señalar en fin, las variaciones estremas, ya en las dimensiones de las órbitas, ya en las distancias á los astros mas importantes. En estos fenómenos, como en aquellos de que vamos á hablar, los tipos individuales dominan necesariamente el conjunto del cuadro y para llegar á la realidad es preciso hacer que resalten con mas energía los contornos.

Todo induce á creer que las estrellas errantes, los bólides y las piedras meteóricas son pequeños cuerpos que se mueven alrededor del Sol describiendo secciones cónicas, y obedeciendo en un todo, como los planetas, á las leyes generales de la gravitacion. Cuando estos cuerpos llegan á tocar á la Tierra, se hacen luminosos en los límites de nuestra atmósfera, se dividen por lo comun en fragmentos cubiertos de una capa negra y brillante, y caen en un estado de calefaccion mas ó menos fuerte. La análisis minuciosa de las observaciones recogidas en ciertas épocas de aparicion periódica que tienen tales cuerpos (en Cumana en 1799, y en la América del Norte en 1833 y 1834) no permite que se consideren los bólides y las estrellas errantes como fenómenos de distinto órden; pues no solo están frecuentemente mezclados los primeros á las últimas, sino que sus discos aparentes, sus vias luminosas y sus velocidades reales, no ofrecen diferencias de magnitud esenciales. Se ven enormes bólides acompañados de humo y de detonaciones que iluminan el cielo con una luz bastante viva para ser sensible aun en pleno dia (58) bajo el ardiente sol de los trópicos; mas tambien hay estrellas errantes tan pequeñas, que aparecen como otros tantos puntos trazando sobre la bóveda celeste innumerables líneas fosforescentes (59). ¿Pero estos cuerpos brillantes que pueblan el firmamento de chispas estelares, son todos de una misma naturaleza? Cuestion es esta que actualmente no puede contestarse. He vuelto de las zonas equinocciales creyendo, bajo la impresion recibida, que en las llanuras ardientes de los trópicos, y como á 5 ó 6 mil metros sobre el nivel del mar, las estrellas errantes son mas frecuentes y de colores mas ricos que en las zonas frias ó templadas; pero no es así, y en la pureza y admirable trasparencia de la atmósfera de aquellas regiones es preciso buscar la causa de este fenómeno (60); allí, nuestra mirada penetra mas fácilmente las

capas de aire que nos rodean. Tambien á la pureza del cielo de Bokhara atribuye Sir Alejandro Burnes «el magnífico espectáculo, renovado sin cesar, de estrellas errantes de vistosos colores» que tuvo ocasion de admirar en aquel pais.

Al brillante fenómeno de los bólides, viene á referirse el de la caida de piedras meteóricas que algunas veces penetran en la tierra hasta 3 y 5 metros de profundidad. La dependencia mútua de estos dos fenómenos se halla establecida por numerosos hechos, y sobre todo por las observaciones muy exactísimas que poseemos acerca de los aerolitos que cayeron en Barbatan, departamento de las Landas, (24 de julio de 1790), en Siena (16 de junio de 1794), en Weston en el Connecticut (14 de diciembre de 1807), y en Juvenas departamento de la Ardecha (15 de junio de 1821). Estos fenómenos se presentan tambien bajo otro aspecto; estando el cielo sereno, una nubecilla muy oscura aparece en él súbitamente; y en medio de esplosiones semejantes al ruido del cañon, se precipitan á la tierra las masas meteóricas. Algunas veces nubecillas de esta especie, recorren regiones enteras sembrando la superficie de miles de fragmentos muy desiguales pero de naturaleza idéntica.

Hase visto caer tambien, pero mas raramente, aerolitos estando el cielo perfectamente sereno, y sin prévia formacion de nube precursora alguna. Se presentó este caso hace algunos meses (16 de setiembre de 1843) cuando cayó el gran aerolito recogido en Kleinwenden, no lejos de Mulhouse, con un ruido semejante al del rayo. Varios hechos establecen, en fin, una íntima analogía entre las estrellas errantes y los bólides que arrojan sobre la tierra piedras meteóricas, porque sucede por lo comun que estos bólides apenas si tienen las dimensiones de las pequeñas estrellas de nuestros fuegos artificiales.

¿Cuál es aquí la fuerza productiva? ¿cuáles son las acciones físicas ó químicas que juegan en estos fenómenos? ¿Hallaríanse originariamente en el estado gaseoso las moléculas de que se componen estas piedras meteóricas tan compactas, ó simplemente esparcidas como en los cometas, condensándose en el interior del metéoro en el momento mismo de comenzar á brillar á nuestros ojos? ¿Qué ocurre en esas nubes negras donde truena minutos enteros antes de que los aerolitos se precipiten? ¿Es preciso creer, que las estrellas errantes dejan tambien caer alguna materia compacta, ó es solamente una especie de niebla, de polvo meteórico, compuesto de hierro y nikel (61)? Cuestiones son estas que se hallan aun envueltas en profunda oscuridad; porque si bien se ha medido la espantosa rapidez, la velocidad esencialmente planetaria de las estrellas errantes, de los bólides y de los aerolitos; si es cierto que conocemos el fenómeno en sus generalidades, y hemos podido comprobar cierta uniformidad en sus apariencias, ignoramos de todo punto los antecedentes cósmicos y las trasmutaciones originarias de la sustancia.

Suponiendo que las piedras meteóricas circulen en el espacio formadas ya en masas compactas (de una densidad mas débil no obstante, que la densidad media de la Tierra) (62), es necesario admitir que solo constituyen un pequeño núcleo, rodeado de gas ó de vapores inflamables, en aquellos enormes bólides cuyos diámetros reales, deducidos de sus alturas y diámetros aparentes, son de 160 y de 850 metros. Las mayores masas meteóricas que conocemos son las de Bahia en el Brasil, y la de Otumpa en el Choco, descritas por Rubin de Celis, y que cuentan 2 metros y 2 y medio de longitud. La piedra de Ægos-Potamos, mencionada ya en la crónica de Paros, y tan célebre en la antigüedad, cayó hacia la época del nacimiento de Sócrates; y segun la descripcion que de ella existe, era gruesa como dos veces una

rueda de molino, y su peso el suficiente para la carga de un carro. Apesar de las inútiles tentativas que hizo el viajero Brown para descubrirla, no renunció á la esperanza de que pueda un dia encontrarse, mas de 2300 años despues de su caida, aquella masa meteórica cuya destruccion no me parece admisible; esperanza tanto mas fundada, cuanto que la Tracia es al presente mas accesible que nunca á los Europeos. A principios del siglo X cayó un aerolito tan colosal en el rio de Narni, que, segun aparece de un documento descubierto por Pertz, sobresalia mas de una vara sobre el nivel de las aguas. Es preciso consignar aquí, que todas estas masas meteóricas, antiguas ó modernas, deben ser consideradas como los principales fragmentos del núcleo que se ha roto con explosion, ya en el bólide inflamado, ya en la nube oscura; porque cuando considero la enorme velocidad, matemáticamente demostrada, conque se precipitan las piedras meteóricas desde las últimas capas de la atmósfera hasta el suelo, y la corta duracion de su trayecto, no puedo resolverme á creer que un tan pequeño espacio de tiempo haya bastado para condensar una materia gaseiforme, convirtiéndola en un núcleo sólido, me tálico, con incrustaciones perfectamente formadas de cristales de olivina, de labrador y de pirogeno.

Por lo demás, todas estas masas meteóricas tienen un carácter comun, cualesquiera que sean las diferencias de su constitucion química interna; y es, un aspecto bien pronunciado de fragmentos y frecuentemente una forma prismática ó piramidal de vértice truncado, caras anchas y un poco curvas, y ángulos redondeados. Ahora bien; ¿de qué puede provenir en los cuerpos que circulan en el espacio, como los planetas, esta forma fragmentaria, señalada primeramente por Schreibers? Confesemos que aquí, como en la esfera de la vida orgánica, todo lo que se refiere á los períodos de formacion está rodeado aun hoy de profunda oscuridad.

Las masas meteóricas empiezan á brillar ó á inflamarse en alturas donde reina ya un vacío casi absoluto. A la verdad, las recientes investigaciones de Biot, acerca del importante fenómeno de los crepúsculos (63), rebajan considerablemente la línea que ordinariamente se designa con el atrevido nombre de límite de nuestra atmósfera; por otra parte, los fenómenos luminosos pueden producirse independientemente de la presencia del gas oxígeno, y Poisson se inclinaba á creer que los aerolitos se inflaman mas allá de las últimas capas de nuestra envuelta gaseosa. Pero, sin embargo, ni esta parte de la ciencia, ni la que se ocupa de los otros cuerpos mayores de que se compone el sistema solar, ofrecen base sólida á nuestros razonamientos é investigaciones, sino allí donde pueden aplicarse el cálculo y las medidas geométricas.

Ya en 1686 consideraba Halley como un fenómeno cósmico el gran metéoro que apareció en aquella época, cuyo movimiento se efectuaba en sentido inverso del de la Tierra (64). Pero á Chladni pertenece la gloria de haber reconocido el primero, en toda generalidad, la naturaleza del movimiento de los bólides y sus relaciones con las piedras que al parecer caen de la atmósfera (65). Los trabajos de Dionisio Olmsted en Newhaven (Massachusets), confirmaron mas tarde de una manera brillante la hipótesis que dá á estos fenómenos un origen cósmico. Cuando aparecieron las estrellas errantes en la noche del 12 al 13 de noviembre de 1833, época que llegó á ser luego tan célebre, Olmsted demostró, que segun el testimonio de todos los observadores, tanto los bólides, como las estrellas errantes partian al parecer, en direcciones divergentes, de un solo y mismo punto de la bóveda celeste, situado cerca de la estrella γ de la constelacion de Leo; punto constantemente comun de divergencia de los metéoros, aunque el azimut y la altura aparente de la estrella hubiesen

variado notablemente, durante el largo tiempo empleado en las observaciones. Independencia tal en el movimiento de rotacion de la Tierra prueba que estos meteoros provenian de regiones situadas fuera de nuestra atmósfera, y que antes de llegar á ella recorrian los espacios celestes. Segun los cálculos de Encke (66), fundados en el conjunto de las observaciones que se hicieron en los Estados-Unidos de América, entre las latitudes de 35 y de 40°, el punto del espacio de donde estos metéoros parecian divergir, era precisamente aquel hácia el cual estaba dirigido en aquella época el movimiento de la Tierra. Las apariciones de noviembre se reprodujeron en 1834, en 1837, y unas y otras fueron observadas en América; la de 1838 lo fué en Brema: estas observaciones comprobaron de nuevo el paralelismo general de las trayectorias, así como su direccion comun hácia el punto del cielo opuesto á la constelacion de Leo. Como las estrellas errantes periódicas afectan una direccion parelela mas generalmente que las estrellas errantes esporádicas, ha creido notarse en 1839, en la aparicion del mes de agosto (las lágrimas de San Lorenzo), que los metáoros en su mayor parte procedian de un punto situado entre Perseo y Tauro, hácia el cual se dirigia entonces la tierra. Un fenómeno tan sorprendente como la direccion retrógrada de todas estas órbitas en noviembre y en agosto, merece ciertamente que se recojan para lo futuro, las mas exactas observaciones que puedan confirmarle ó invalidarle.

Nada es mas variable que la altura de las estrellas errantes, es decir, la parte visible de su trayectoria, que oscila en un espacio de 3 á 26 miriámetros: importante resultado que debemos, así como un conocimiento mas exacto de la enorme velocidad de estos problemáticos asteroides, á las observaciones simultáneas de Brandes y de Benzenberg, y á las medidas de paralage que hicieron los mismos tomando por base una longitud de 15.000 metros (67). Su

velocidad relativa es de 5 á 13 leguas por segundo, y por lo tanto, equivalente á la de los planetas. Esta velocidad, verdaderamente planetaria de los bólides y de las estrellas errantes (68), y la direccion bien comprobada de sus movimientos inversos á los de la Tierra, son los principales argumentos que se oponen ordinariamente á la hipótesis que atribuye el origen de los aerolitos á la existencia de pretendidos volcanes activos en la Luna. Ahora bien; cuando se trata de un pequeño astro desprovisto de atmósfera, toda suposicion numérica acerca de la energía de las fuerzas volcánicas tiene que ser por naturaleza arbitraria, y nada impide, por lo tanto, admitir una reaccion del interior contra la capa esterior, cien veces mas enérgica, por ejemplo, que en nuestros volcanes actuales: así podria esplicarse aun, cómo masas arrojadas por un satélite, cuyo movimiento se verifica de Oeste al Este, pueden parecernos animadas de un movimiento retrógrado, pues basta para esto que la tierra llegue mas tarde que aquellos proyectiles á la parte de órbita, que hubieran atravesado; pero si se considera el conjunto de hechos, cuya enumeracion he debido hacer, á fin de evitar la censura que se formula contra las teorías atrevidas, se verá que la hipótesis del orígen selenítico de estos metéoros supone un concurso de circunstancias numerosas, cuya realizacion solo podria efectuarse por la casualidad (69). Es mas sencillo admitir la existencia de pequeñas masas planetarias que esten circulando desde el orígen en los espacios celestes, pues esta hipótesis está mas en armonía con las ideas, aceptadas ya, acerca de la formacion de nuestro sistema solar.

Es muy probable que muchas de estas masas cósmicas pasen muy cerca de nuestra atmósfera y continúen su curso alrededor del sol, sin haber esperimentado otro efecto, de la atraccion del globo terrestre, que una modificacion en la escentricidad de su órbita; y que luego no las

volvamos á ver sinó despues de largos años, y cuando hayan verificado un cierto número de revoluciones. En cuanto á los metéoros ascendentes que Chladni, poco inspirado esta vez, esplicaba por la reaccion de capas de aire comprimidas violentamente durante un rápido descenso, pudo verse luego en estos fenómenos el efecto de una fuerza misteriosa que pugnase por arrojar estos cuerpos lejos de la Tierra; pero Bessel ha demostrado que tales hechos serian teóricamente inadmisibles; y apoyándose despues en los cálculos ejecutados por Feldt con el mayor cuidado posible, probó que la realidad de estos pretendidos hechos, se desvanece aun en aquellas observaciones que parecen mas favorables, si se tienen en cuenta los errores inherentes á la apreciacion simultánea que formen dos observadores separados, de la desaparicion de una misma estrella errante; así, que esta ascension de los metéoros no debe considerarse hasta ahora como un resultado de la observacion (70). Olbers pensaba que los bólides inflamados podrian estallar y lanzar verticalmente sus fragmentos á modo de cohetes, y que esta ruptura alteraria en ciertos casos la direccion de sus trayectorias; pero todas estas hipótesis deben ser objeto de nuevas observaciones.

Las estrellas errantes caen ya desparramadas y aisladas, es decir, esporádicas, ya como enjambres y á millares. Estas últimas apariciones, que han comparado los escritores árabes á nubes de langostas, son periódicas, y siguen direcciones generalmente paralelas. Las mas célebres son las del 12 al 14 de noviembre y las del 10 de agosto, dia de San Lorenzo, cuyas candentes lágrimas parece que fueron antiguamente en Inglaterra el símbolo tradicional de la vuelta periódica de estos metéoros (71). Ya Klœden, habia señalado en Potsdan, en la noche del 12 al 13 de noviembre de 1823, la aparicion de una multitud de estrellas errantes y bólides de todas magnitudes. En 1832, vióse el mismo fenómeno en toda Europa, desde Portsmouth hasta Orenbur-

go en los bordes del Oural, y hasta en la isla de Francia en el hemisferio austral. Sin embargo, la idea de que ciertos dias del año están predestinados á estos grandes fenómenos no tomó vida hasta 1833, con ocasion del enorme haz de estrellas errantes que cayó como copos de nieve, y que Olmsted y Palmer observaron en América la noche del 12 al 13 de noviembre: durante nueve horas de observacion contaron más de 240.000. Palmer se remontó á la aparicion de los metéoros en 1799 descrita por Ellicot y por mí (72), de la cual resultaba en virtud de la comparacion que habia yo hecho de todas las observaciones de aquel tiempo, que la aparicion habia sido simultánea para los lugares situados en el Nuevo Continente, desde el Ecuador hasta New-Herrnhut en la Groenlandia (lat. 64° 14′) entre 46 y 82° de longitud; reconociéndose con sorpresa la identidad de las dos épocas. Este flujo de metéoros que surcaron todo el firmamento en la noche del 12 al 13 de noviembre de 1833, y fué visible desde la Jamáica hasta Boston (lat. 40° 21′), se reprodujo en la noche del 13 al 14 de noviembre de 1834 en los Estados-Unidos de América, aunque con intensidad menor. Desde esta época la periodicidad del fenómeno se confirma en Europa de la manera mas exacta.

La aparicion de San Lorenzo (del 9 al 14 de agosto), segunda lluvia de estrellas errantes, se verifica con igual regularidad que la primera. Ya hácia mediados del último siglo, Musschenbroek habia notado la frecuencia de los metéoros que aparecen en el mes de agosto (73); pero Quételet, Olbers y Benzenberg han sido los primeros que probaron la periodicidad de estas apariciones, fijando su época en el dia de San Lorenzo. Indudablemente nos reserva el porvenir el descubrimiento de otras épocas análogas, destinadas igualmente á la reproduccion periódica de estos fenómenos (74); tales sean quizás la del 22 al 25 de abril, la del 6 al 12 de diciembre, y como consecuencia de las in-

vestigaciones de Capocci, la del 27 al 29 de noviembre ó la del 17 de julio.

Parece ser que estos fenómenos se han realizado hasta ahora, con una independencia completa de todas las circunstancias locales, tales como la altura del polo, temperatura de la atmósfera, etc...; sin embargo, su aparicion va acompañada frecuentemente de otro fenómeno meteorológico, y aunque esta coincidencia pueda ser efecto de simple casualidad, no está fuera de lugar el señalarla aquí. Una aurora boreal muy intensa, acompañó á la aparicion mas magnífica de estrellas errantes, entre las que se conocen hasta el dia, ó sea la del 12 al 13 de noviembre de 1833, cuya descripcion debemos á Olmsted. En 1838 se reprodujo en Brema esta concordancia de ambos fenómenos, si bien la caida periódica de las estrellas errantes fué allí menos notable que en Richmond, cerca de Lóndres. En otro escrito me he hecho cargo de una observacion del almirante Wrangel (75), que he tenido frecuente ocasion de oirle confirmar. Viajando por las costas siberianas del Mar Glacial, vió el almirante en medio de los resplandores de una aurora boreal iluminarse de repente ciertas partes del cielo que habian quedado oscuras, al ser atravesadas por una estrella errante, y recobrar enseguida su rojo brillo.

Estas miriadas de asteroides constituyen, indudablemente, diversas corrientes que vienen á cortar la órbita terrestre como el cometa de Biela; y podemos imaginar, siguiendo esta idea, que su conjunto forma un anillo contínuo, dentro del cual siguen todos una misma direccion. Ya en los planetas menores situados entre Marte y Júpiter, escepto Palas, hemos hallado relaciones análogas relativamente á sus órbitas tan íntimamente enlazadas. Pero si se trata de la teoría misma de estos anillos, preciso es confesar que aun quedan muchos pnntos por resolver; por ejemplo: ¿las épocas de estas apariciones, varian? ¿los retrasos que

esperimentan, señalados por mí há mucho tiempo, provienen de una retrógradacion regular, ó de un simple cambio oscilatorio de la línea de los nodos, es decir, de la línea de interseccion del plano de la órbita terrestre con el plano del anillo? Quizás estos pequeños astros estén agrupados muy irregularmente; quizás sus distancias mútuas sean muy desiguales; y su zona de tan considerable anchura que necesitára la Tierra dias enteros para atravesarla. El mundo de los satélites de Saturno nos presenta ya un grupo de inmensa amplitud, compuesto de astros íntimamente unidos entre sí. La órbita del último satélite, la del sétimo, es tan considerable, que la Tierra, en su movimiento alrededor del Sol, emplea tres dias en recorrer una parte de la suya igual al diámetro de aquella.

Supongamos ahora, que en vez de ser homogéneos estos anillos que consideramos como formados por corrientes periódicas de estrellas errantes, no contengan mas que un pequeño número de partes en que los grupos sean bastante densos para dar lugar á una de aquellas grandes apariciones, y se comprenderá por qué los brillantes fenómenos del mes de noviembre de 1799 y 1833 se reproducen tan raramente. Meditando Olbers profundamente acerca de este difícil asunto, creyó tener algunas razones para anunciar la época del 12 al 14 de noviembre de 1867 para la primera reproduccion del gran fenómeno de las estrellas errantes mezcladas con bólides, cayendo del cielo como copos de nieve.

Alguna vez la aparicion de noviembre no ha sido visible sino en partes muy limitadas de la superficie terrestre. En 1837, por ejemplo, fué brillante en Inglaterra, donde se la comparó á una lluvia de metéoros (*meteoric shower*), mientras que en Braunsberga (Prusia), un observador muy práctico y escesivamente atento, no vió aquel la misma noche, mas que un pequeño número de estrellas errantes

aisladas, á pesar de que el cielo permaneció constantemente sereno, y duró la observacion desde las siete de la noche hasta la salida del Sol. Bessel ha deducido de estos hechos, que un grupo poco estenso de los asteroides de que el anillo se compone pudo tocar á la region terrestre en el punto en que está situada Inglaterra, al paso que las comarcas mas orientales atravesaban otra parte del anillo, comparativamente mucho menos rica (76). Si la hipótesis de una retrogradacion regular ó de una simple oscilacion de la línea de los nodos tomára consistencia, los documentos antiguos serian objeto de un interés muy especial. Tales son los Anales chinos, donde entre las noticias cometográficas se citan varias apariciones de metéoros, que se remontan á épocas anteriores á la de Tirteo ó segunda guerra mesénica. Señalaremos entre otras dos apariciones que tuvieron lugar en el mes de marzo, y una de las cuales se remonta al año 687 antes de la Era Cristiana. Entre las cincuenta y dos apariciones que ha recogido Eduardo Biot en los Anales chinos, ha notado que las del 20 al 22 de julio (estilo antiguo), son las mas frecuentes; y podrian corresponder á la aparicion actual del dia de San Lorenzo (77). Boguslawski hijo, ha descubierto en los anales de la Iglesia de Praga (*Benessii de Horowic Chronicon Ecclesiæ Pragensis*) una aparicion de estrellas errantes ocurrida el 21 de octubre de 1366 (est. ant.); si esta aparicion que fué entonces visible en pleno dia, corresponde al fenómeno actual del mes de noviembre, puede deducirse de la precesion en 477 años, que el sistema entero de los metéoros ó mas bien, su centro de gravedad, describe con un movimiento retrógrado una órbita alrededor del Sol. Por último, de las teorías mas arriba desarrolladas resulta, que si hay años en que las dos apariciones de agosto y de noviembre faltan á la vez en toda la superficie de la Tierra, es preciso buscar la causa de esta anomalía, ya en una in-

terrupcion del anillo, ya en los intervalos que dejen entre sí los grupos sucesivos de asteroides, ya, en fin, como quiere Poisson (78), en las acciones planetarias, cuyo efecto seria modificar la forma y la situacion del anillo.

Ya lo hemos dicho: las masas sólidas que despide el cielo provienen de los bólides inflamados que se ven durante la noche; de dia, y estando el cielo sereno, caen con estrépito del seno de una nube oscura, pero no llegan en estado de incandescencia, aunque sí muy calientes. Ahora bien: cualquiera que sea su origen, estas masas presentan en general, un carácter comun que es imposible desconocer; cualquiera que sea el tiempo y el lugar de su caida, son siempre las mismas las formas esteriores, las propiedades físicas de la corteza, é iguales los modos de agregacion química de sus elementos. Tan sorprendente paridad de aspecto y de constitucion, no ha escapado á los observadores; pero cuando se la examina individualmente encuéntranse tambien notables escepciones. Compárense los aerolitos por Pallas mencionados, la masa de hierro maleable de Hradschina en el condado de Agram, y la de las orillas de Sisim en el gobierno de Ieniseisk, ó tambien las que traje de Méjico (79), todas las cuales contienen 96 por 100 de hierro; compárense, digo, con los aerolitos de Siena, en los que apenas se cuenta un $^{2}/_{100}$ del mismo metal, ó con los de Alesia, Jonzac y Juvenas, desprovistos enteramente de hierro metálico, y reducidos á una mezcla cuyos elementos perfectamente separados ya en cristales, puede distinguir el mineralogista, y digasenos si es dable concebir oposicion mas marcada. De aquí la necesidad de diferenciar en dos clases estas masas cósmicas: la de los hierros meteóricos combinados con el nikel, y la de las piedras de grano fino ó basto. Otro carácter particular de los aerolitos es el aspecto de su corteza esterior, cuyo espesor no pasa jamás de algunas líneas de superficie, reluciente como la pez, y surcadas á

veces por venas ó ramificaciones muy señaladas (80). Uno solo, que yo sepa, se esceptúa de esta relacion; el aerolito de Chantonnay (Vendeé), cuyos poros y abolladuras constituyen, como en el aerolito de Juvenas, otra singularidad muy rara. En todos los demás, la corteza negra es distinta del resto de la masa de un gris bastante claro, con una línea de separacion tan marcada como el pedrisco de granito blanco con veta negra ó aplomada (81), que traje yo de las cataratas del Orinoco, y que se encuentra en otras muchas como las del Nilo y rio Congo por ejemplo. El fuego mas violento de nuestros hornos de porcelana, no produce nada análogo á esta corteza, tan perfectamente distinta del resto de la masa de los aerolitos, cuyo interior no ha sufrido alteracion alguna. Ciertamente que, algunos hechos parecen indicar que estos fragmentos meteóricos, han esperimentado una especie de reblandecimiento; pero, en general, la manera de agregarse sus partes, la carencia de aplanamiento despues de la caida, y el poco calor que poseen en aquel instante, no permiten suponer que su masa interior haya estado en fusion durante el corto trayecto que recorren desde los límites de la atmósfera hasta la superficie de la tierra.

Berzelius ha hecho escrupulosamente la análisis química de estos cuerpos, y encontrado en ellos los mismos elementos que vemos esparcidos en la superficie de la tierra, á saber: ocho metales, el hierro, el nikel, el cobalto, el manganeso, el cromo, el cobre, el arsénico y el estaño; y cinco tierras, á saber: la potasa, la sosa, el azufre, el fósforo y el carbon; es decir, la tercera parte del número de los cuerpos simples actualmente conocidos. Aunque las masas meteóricas estén formadas de iguales elementos químicos que las especies minerales de las montañas y de las llanuras, no por ello dejan de presentar siempre en el modo como están combinados estos elementos, un carácter muy

diferente, y un aspecto estraño á nuestro globo. El hierro en el estado nativo que se encuentra en casi todos los aerolitos les imprime tambien un sello especial; mas no podria atribuirse por ello este tipo esclusivamente á la Luna, pues nada se opone á que pueda haber otros astros desprovistos como ella de agua, y privados de las reacciones químicas de donde nace la oxidacion. En cuanto á las vesículas gelatinosas, á las masas orgánicas semejantes á la *tremella nostoc*, que han sido tenidas desde la Edad media como un producto cósmico, resíduo de las estrellas errantes, así como tambien á las piritas de Sterlitamak (al oeste del Oural), que pasaban por núcleos de granizos (82), es preciso colocarlas entre los mitos de la meteorología. Los aerolitos de tejido fino y granuloso, compuestos de olivina, de augita y de labrador (83), son, segun Gustavo Rose, los únicos que se asemejan á nuestros minerales (tal es el aerolito de Juvenas muy semejante á la dolerita); pues contienen sustancias cristalinas como las que se encuentran en la corteza terrestre; y aun en el hierro meteórico de Siberia, citado por Pallas, la olivina no se distingue de la ordinaria, mas que por la falta de nikel, el cual está sustituido por el óxido de estaño (84). Si se tiene en cuenta que la olivina meteórica contiene, como nuestros basaltos, 47 ó 49 por 100 de magnesia, y que forma mas de la mitad de las partes terrosas de los aerolitos, segun Berzelius, no causará admiracion la gran cantidad de magnesia que se halla en estas masas cósmicas. Y como el aerolito de Juvenas contiene cristales separables de augita y de labrador, podemos deducir de la análisis de las piedras meteóricas de Chateau-Renard, de Blansko y de Chantonnay, que la primera es probablemente una diorita compuesta de anfibol y de albita, y que las otras dos son combinaciones de anfibol y de labrador. Pero estas analogías me parecen débiles argumentos que citar en favor del orígen terrestre ó atmos-

férico que ha querido asignarse á los aerolitos. Porque no hay razon alguna, y aquí podria referir el célebre entretenimiento de Newton y Conduit, en Kensington (85), para suponer que sean en gran parte idénticos, los elementos que forman un mismo grupo de astros, ó un mismo sistema planetario ¿Ni cómo admitir el principio de la heterogeneidad de los planetas despues del bello sistema que esplica su génesis por la condensacion gradual de anillos gaseosos, abandonados sucesivamente por la atmósfera solar? A mi juicio, estamos tan poco autorizados para atribuir esclusivamente al nikel, al hierro, á la olivina ó al piróxeno (augita) de los aerolitos, la calificacion de sustancias terrestres, como podriamos estarlo para designar por ejemplo, como especies europeas de la flora asiática, las plantas alemanas que encontré mas allá del Oby. Y si los astros de un mismo sistema se componen de iguales elementos, ¿cómo no admitir que estos elementos, sometidos á las leyes de una atraccion mútua, puedan combinarse en relaciones determinadas y dar vida, ya á las cúpulas resplandecientes de nieve ó de hielo que cubren las regiones polares de Marte, ya en otros astros; á las pequeñas masas meteóricas que contienen, como los minerales de nuestras montañas, cristales de olivina, de augita y de labrador? No debe dejarse nunca nada abandonado al arbitrio, y hasta en el dominio de las conjeturas es preciso que el espíritu sepa dejarse guiar por la induccion.

En ciertas épocas, se oscurece momentáneamente el disco del Sol, y su luz se debilita hasta el estremo de ser visibles las estrellas en pleno dia. En 1547, hácia la época de la fatal batalla de Mühlberg, se efectuó por espacio de tres dias enteros un fenómeno de este género, que no puede esplicarse ni por las nieblas ni por las cenizas volcánicas. Kepler quiso buscarle una causa, primero en la interposicion de una *materia cosmética*, y despues en una nube ne-

gra que suponia formada por las emanaciones fuliginosas, salidas del cuerpo mismo del Sol. Chladni y Schnurrer atribuian al paso de masas meteóricas por delante del disco solar, los fenómenos análogos de los años 1090 y 1203, de los cuales duró el primero, tres horas, y el segundo seis. Desde que han sido consideradas las estrellas errantes como formando un anillo contínuo, situado en el sentido de su direccion comun, háse notado una singular coincidencia entre la vuelta periódica de las lluvias de metéoros y las manifestaciones de los misteriosos fenómenos de que acabamos de hablar; y á fuerza de ingeniosas investigaciones y de una discusion profunda de todos los hechos conocidos, ha llegado Adolfo Erman á señalar dos épocas del año, el 7 de febrero y el 12 de mayo, en que se ha manifestado esta coincidencia de un modo sorprendente. Ahora bien: la primera de estas dos fechas corresponde á la conjuncion de las estrellas errantes que están en el mes de agosto en oposicion con el Sol, y la segunda, se refiere á la conjuncion de los asteroides de noviembre y á los famosos *dias frios* de las creencias populares (San Mamerto, San Pancracio y San Servando) (86).

Los filósofos griegos tan poco inclinados á la observacion, como ardientes y fecundos en sistemas cuando se trataba de esplicar fenómenos que apenas habian entrevisto, nos han dejado consideraciones muy aproximadas á las ideas que se aceptan hoy generalmente, acerca del orígen cósmico de las estrellas errantes y aerolitos. «Piensan algunos filósofos, dice Plutarco en la vida de Lysandro (87), que las estrellas errantes no provienen de partículas desprendidas del éter que llegan á apagarse en el aire inmediatamente despues de haberse inflamado; ni que tampoco nacen de la combustion del aire que se disuelve en gran cantidad en las regiones superiores, sino que son mas bien *cuerpos celestes que caen,* es decir, que sustraidos en cierto modo al movimiento

de rotacion general se precipitan enseguida irregularmente, no solo en las regiones habitadas de la Tierra, sino que tambien en el gran Océano, de donde resulta que no se los puede encontrar.» Diógenes de Apolonia se espresa en términos aun mas claros (88). «Entre las estrellas visibles, dice, se mueven tambien estrellas invisibles á las cuales por consiguiente no ha podido darse nombre. Estas últimas caen frecuentemente sobre la Tierra, y se apagan como aquella *estrella de piedra* que tocó encendida cerca de Ægos-Potamos.» Indudablemente una doctrina anterior habia inspirado al filósofo de Apolonia, que creia tambien que los astros eran semejantes á la piedra pomez. En efecto, Anaxágoras de Clazomeno se figuraba todos los cuerpos celestes «como fragmentos de roca que el éter por la fuerza de su movimiento giratorio hubiera arrancado á la Tierra, inflamándolas y transformándolas en estrellas.» Así, pues, la escuela jónica colocaba, como Diógenes de Apolonia, en una misma clase á los aerolitos y á los astros, asignándoles el propio orígen terrestre, pero en el único sentido de que la Tierra, como cuerpo central, facilita la materia á cuantos le envuelven (89); de igual modo que con nuestras ideas actuales derivamos el sistema planetario de la atmosfera primitivamente dilatada de otro cuerpo central, el Sol. Es preciso pues guardarnos de confundir estas ideas con lo que comunmente se llama el orígen terrestre ó atmosférico de los aerolitos, ó con la singular opinion de Aristóteles, que no veia en la enorme masa del Ægos-Potamos sino una piedra arrastrada por un huracan.

Hay una disposicion de ánimo mas nociva aun quizás que la credulidad desnuda de toda crítica, y es la arrogante incredulidad que rechaza los hechos sin dignarse profundizarlos. Estas dos irregularidades del espíritu son un obstáculo al progreso de la ciencia. En vano, desde hace veinte y cinco siglos, los anales de los pueblos hablan de piedras

desprendidas del cielo; á pesar de tantos hechos fundados en testimonios oculares, irrecusables, tales como los *bœtilios*, que desempeñaron tan importante papel en el culto de los metéoros entre los antiguos; el aerolito que los compañeros de Cortés vieron en Cholula y que habia chocado con la pirámide próxima; las masas de hierro meteórico de que se hicieron forjar espadas de sables los califas y príncipes mogoles; los hombres muertos por piedras caidas del cielo, como por ejemplo, un fraile de Cremona el 4 de setiembre de 1511, otro fraile de Milán en 1650 y dos marineros suecos, heridos dentro de su navío en 1674; á pesar de tantas pruebas acumuladas, quedó en el olvido un fenómeno cósmico de tamaña importancia, y sus íntimas relaciones con el mundo planetario permanecieron ignoradas hasta los tiempos de Chladni, ilustre ya por su descubrimiento de las líneas nodales. Pero hoy es imposible contemplar indiferentemente las magníficas apariciones de las noches de noviembre y de agosto; diré mas, uno solo de esos rápidos metéoros bastará frecuentemente para dar vida á sérias observaciones. Ver surgir de repente el movimiento enmedio de la calma de la noche y turbarse por un instante el plácido brillo de la bóveda celeste; seguir con la vista al metéoro que cae dibujando en el firmamento una luminosa trayectoria ¿no nos trae luego al punto á la imaginacion esos espacios infinitos llenos por doquiera de materia y vivificados por todas partes de movimiento? ¿Qué importa la estremada pequeñez de esos metéoros en un sistema donde se encuentran, al lado del enorme volúmen del Sol, átomos tales como el de Ceres, y el primer satélite de Saturno? ¿Qué importa su repentina desaparicion cuando un fenómeno de otro órden, la estincion de las estrellas que brillaron en Casiopea, en el Cisne y en la Serpentaria, nos ha obligado ya á admitir que en los espacios celestes pueden existir otros astros de los que en ellos vemos por lo co-

mun? Al presente ya lo sabemos: las estrellas errantes son agregaciones de materia, verdaderos asteroides que circulan alrededor del Sol, que atraviesan como los cometas las órbitas de los grandes planetas y que brillan, por último, cerca de nuestra atmósfera, ó al menos en sus últimas capas.

Aislados en nuestro planeta de todas las partes de la creacion que no comprenden los límites de nuestra atmósfera, no estamos en comunicacion con los cuerpos celestes sino por el intermedio de los rayos, tan íntimamente unidos, de la luz y del calor (90) y por la misteriosa atraccion que los cuerpos lejanos ejercen, en razon de su masa, sobre nuestro globo, sobre los mares, y aun sobre las capas de aire que nos rodean. Pero si los aerolitos y las estrellas errantes son realmente asteroides planetarios, su modo de comunicacion con nosotros cambia de naturaleza, se hace mas directo y se materializa en cierto sentido. En efecto; no se trata ya de aquellos cuerpos lejanos cuya accion sobre la tierra se limita á ocasionar vibraciones luminosas y caloríficas, ó tambien á producir movimientos segun las leyes de una gravitacion recíproca; sino de cuerpos materiales, que abandonando los espacios celestes atraviesan la atmósfera y vienen á chocar con la tierra, de la cual forman parte desde entonces: tal es el único acontecimiento cósmico que puede poner á nuestro planeta en contacto con las otras regiones del Universo. Acostumbrados como estamos á no conocer los séres colocados fuera de nuestro globo sino por las medidas, el cálculo y el razonamiento, nos admira ahora el poder, sin embargo, tocarlos, pesarlos y analizarlos. Así es como la ciencia pone en juego los secretos resortes de la imaginacion y las fuerzas vivas del espíritu, mientras que el vulgo no vé en estos fenómenos sino chispas que se encienden y apagan, y en esas piedras ennegrecidas, caidas con estrépito del seno de las nubes, el producto grosero de una convulsion de la naturaleza.

Aunque estos enjambres de asteroides, de los cuales nos hemos ocupado largo tiempo como asunto de predileccion, se asemejan á los cometas por la pequeñez de sus masas y por la multiplicidad de sus órbitas, difieren, no obstante, de ellos, esencialmente, por el mero hecho de que no brillan ni son visibles para nosotros, sino hasta el momento en que atraviesan la esfera de accion de nuestro globo. Pero el estudio de estos metéoros, no completa todavía el cuadro de nuestro sistema planetario, tan complejo, tan rico en formas variadas, desde el descubrimiento de los planetas menores, de los cometas interiores de corto periodo y de los asteroides meteóricos; réstanos hablar del anillo de materia cósmica á que se atribuye la luz zodiacal, citada ya muchas veces en el transcurso de esta obra. Todo el que haya pasado años enteros en la zona de las palmeras, conservará toda su vida el dulce recuerdo de aquella pirámide de luz que ilumina una parte de las noches, siempre iguales, de los trópicos. De mí sé decir, que la he visto tan brillante como la via láctea en el Sagitario, no solamente sobre las cimas de los Andes, en las alturas de 3.000 ó 4.000 metros donde el aire es tan puro y tan raro, sino que tambien en las inmensas praderas (llanos) de Venezuela, y á orilla del mar bajo el cielo siempre sereno de Cumaná. Sin embargo, alguna vez proyéctase una pequeña nube sobre la luz zodiacal y contrasta de un modo pintoresco en el fondo luminoso del cielo, siendo entonces el fenómeno de gran belleza. Este juego atmosférico se halla apuntado en mi diario de viaje, desde Lima á la costa occidental de Méjico. «Hace tres ó cuatro noches (entre 10 y 14° de latitud septentrional) que apercibo la luz zodiacal con una magnificencia totalmente nueva para mí. Por el brillo de las estrellas y de las nebulosas, podria creerse que en esta parte del mar del Sud la transparencia de la atmósfera es extraordinaria. Desde el 14 al 19 de marzo,

regularmente tres cuartos de hora despues de ponerse el sol, era imposible distinguir el menor rayo de la luz zodiacal, y sin embargo la oscuridad era completa. Una hora despues de la prueba, aparecia de repente con gran brillo, entre Aldebaran y las Pleyades; el 18 de marzo tenia 39º 5′ de altura. De una y otra parte, cerca del horizonte, estendíanse pequeñas nubes prolongadas sobre un fondo amarillo; mas arriba, otras nubes matizaban el azul del cielo con sus cambios de color, ofreciendo un aspecto semejante al de una segunda puesta de sol. La claridad de la noche aumentaba entonces por aquella parte de la bóveda celeste, hasta igualarse casi á la del primer cuarto de luna. A las diez, la luz zodiacal era muy débil, y á media noche apenas se divisaba una huella en aquella parte de la mar del Sud. El 16 de marzo, cuando brillaba con mayor intensidad, se vislumbraba hácia el Oriente una débil reverberacion.» En nuestros climas del Norte, en esas regiones brumosas que se llaman templadas, muy al contrario sucede: la luz zodiacal no es visible de una manera clara sino hácia el principio de la primavera, despues del crepúsculo de la tarde, y sobre el horizonte occidental; y hácia el fin del otoño en el Oriente, ántes del crepúsculo matutino.

Apenas se comprende que un fenómeno tan notable no haya llamado la atencion de los físicos y astrónomos hasta mediados del siglo XVII, y que haya pasado desapercibido tambien á los árabes, que hicieron observaciones tantas en el antiguo Bactriana, en las márgenes del Eufrates y en el mediodia de España. Por lo demás, no es menos sorprendente el tardío descubrimiento de las dos nebulosas Andrómeda y Orion, que Simon Mario y Huygens fueron los primeros á describir. En la *Britannia Baconica* de Childrey (91) de 1661, es donde se encuentra la primera descripcion bien clara de la luz zodiacal, no habiéndose hecho la pri-

mera observacion sino dos ó tres años antes; pero indudablemente pertenece á Domingo Cassini la gloria de haber sometido el primero este fenómeno á un exámen profundo (en la primavera de 1683). En cuanto á la luz que se vió en Bolonia en 1668 y que percibia tambien por la misma época el célebre viajero Chardin (los astrólogos de la córte de Ispahan no la habian citado con anterioridad: llamábanla *nycek*, pequeña lanza), no era la luz zodiacal (92), sino la enorme cola de un cometa cuya cabeza estaba oculta bajo el horizonte, y que debia presentar una gran analogía de aspecto y de posicion con el largo cometa de 1843. Es imposible dejar de reconocer la luz zodiacal en el brillante resplandor que se vió en 1509, durante cuarenta noches consecutivas, subir como una pirámide por encima del horizonte oriental del llano mejicano. En un manuscrito de los antiguos Aztecas, perteneciente á la Biblioteca real de París (*Codex Telleriano-Remensis*) (93), es donde he visto mencionado este curioso fenómeno.

Así, pues, la luz zodiacal ha existido en todos los tiempos, aunque su descubrimiento en Europa no date mas que desde Childrey y Domingo Cassini. Háse querido atribuirla á una cierta atmósfera del Sol; pero esta esplicacion es inadmisible, porque segun las leyes de la mecánica, el aplanamiento de la atmósfera solar no puede esceder del de un esferoide, cuyos ejes esten en la relacion de 2 á 3, y por consiguiente sus capas estremas no pueden estenderse mas allá de los $^9/_{20}$ del radio de la órbita de Mercurio. Las mismas leyes mecánicas fijan tambien los límites ecuatoriales de la atmósfera de un cuerpo celeste que gira sobre sí mismo, en el punto donde la gravedad se equilibra con la fuerza centrífuga; solamente allí el tiempo de la revolucion de un satélite sería igual al tiempo de la rotacion del astro central (94). Esta limitacion tan restringida de la atmósfera *actual* de nuestro Sol llega á ser mas sorprendente cuan-

do se la compara con la de las estrellas nebulosas. Herschell ha encontrado muchas cuyo diámetro aparente llega á 150″; y admitiendo para esos astros un paralaje inferior á 1″, resulta que la distancia de la estrella central á las últimas capas de la nebulosidad, equivale á 150 radios de la órbita terrestre. Si pues una de esas estrellas nebulosas ocupara el lugar de nuestro sol, no solamente comprenderia su atmósfera la órbita de Urano, si no una distancia ocho veces mayor (95).

Asi, pues, la atmósfera solar está encerrada en límites mas estrechos que aquellos por que se estiende la luz zodiacal. Este fenómeno se esplica mejor suponiendo que existe entre la órbita de Venus y la de Marte, un anillo muy aplanado, formado de materias nebulosas, y que gira libremente en los espacios celestes (96). Quizás se halle este anillo en relacion con la materia cósmica que creemos esté mas condensada en las regiones próximas al Sol; ó acaso se aumente de contínuo con las nebulosidades abandonadas en el espacio por las colas de los cometas (97). Tan difícil es decidir algo sobre este punto, como consignar las verdaderas dimensiones del anillo, que varían indudablemente, puesto que parece algunas veces comprendido por entero en la órbita de la Tierra. Las partículas de las nebulosidades de que este anillo se compone, pueden ser luminosas por sí mismas, ó reflejar únicamente la luz del Sol. La primera suposicion no parece inadmisible, pues podria citarse en su apoyo la célebre niebla de 1783, que en plena noche, y en la época de novilunio, producia una luz fosfórica bastante intensa para iluminar los objetos y hacerlos claramente visibles aun á la distancia de 200 metros (98).

En las regiones tropicales de la América del Sur, han causado muy amenudo mi asombro las variaciones de intensidad que la luz zodiacal esperimenta. Como entonces



pasaba yo durante meses enteros las noches al aire libre, ya á orillas de los rios, ó en las praderas (*llanos*), tuve frecuentes ocasiones de observar atentamente este fenómeno. Cuando la luz zodiacal habia llegado á su máximum de intensidad, se debilitaba notablemente algunos minutos para volver despues á tomar inmediatamente su primitivo estado. Nunca llegué á ver, como dice Mairan, ni coloracion roja, ni arco inferior oscuro, ni aun centelleo; pero si noté muchas veces que la pirámide luminosa estaba atravesada por una rápida ondulacion. ¿Habrán de creerse cambios reales en el anillo nebuloso? ¿O bien no será mas probable que en el momento mismo en que mis instrumentos metereológicos no me revelaban variacion alguna de temperatura ó de humedad en las regiones inferiores de la atmósfera, se operasen sin embargo en las capas elevadas, sin yo advertirlo, condensaciones capaces de modificar la trasparencia del aire, ó mas bien su poder reflectante? Observaciones de naturaleza muy diferente justificarian, en caso necesario, esta apelacion por causas meteorológicas que suponemos obrando allá en el límite de la atmósfera. Olbers, en efecto, ha señalado «los cambios de luz que se propagan en algunos segundos como pulsaciones de un punto á otro de la cola cometaria, y que tan pronto aumentan como disminuyen su estension en muchos grados; y como las diferentes partes de una cola de algunos millones de leguas deben estar muy desigualmente distantes de la tierra, resulta, por consiguiente, que la propagacion gradual de la luz no nos permitiria apercibir, en un tan corto intervalo de tiempo, los cambios reales que pudieran ocurrir en un astro de estension tan considerable (99).»

Forzoso es convenir, sin embargo, en que estas observanes en nada contradicen la realidad de las variaciones observadas en las colas de los cometas; ni tienen además por objeto negar que los cambios de resplandor tan frecuentes

en la luz zodiacal puedan provenir, ya de un movimiento molecular en el interior del anillo nebuloso, ya de una súbita modificacion de su poder reflectante, sino que he querido solamente distinguir en estos fenómenos, la parte que pertenece á la sustancia cósmica propiamente dicha, de la que debe restituirse á nuestra atmósfera, intermedio obligado de todas nuestras percepciones luminosas. En cuanto á los fenómenos que pasan en el límite superior de la atmósfera, límite tan controvertido frecuentemente por otros motivos, ciertos hechos bien observados demuestran cuán difícil es darse en este punto cuenta satisfactoria. Por ejemplo: aquellas noches de 1831, tan maravillosamente claras en Italia y en el Norte de Alemania que podian leerse aun á media noche los caracteres mas finos, están en manifiesta contradiccion con todo lo que las mas nuevas y sábias investigaciones han podido enseñarnos acerca de la teoría de los crepúsculos y de la altura de la atmósfera (100). Los fenómenos luminosos dependen de condiciones poco conocidas, cuyas variaciones imprevistas nos sorprenden, ya se trate de la altura de los crepúsculos, ó ya de la luz zodiacal.

Hasta ahora hemos considerado lo que pertenece á nuestro Sol, ó sea el mundo de las formaciones que dependen de su accion reguladora, es decir, los planetas, los satélites, los cometas de corto y largo período, los asteroides meteóricos aislados ó reunidos en anillo contínuo, y por último, el anillo nebuloso cuya posicion en los espacios planetarios autoriza á conservar el nombre de luz zodiacal, con que propiamente se le designa. Por todas partes reina la ley de la periodicidad en los movimientos, cualquiera que sea la velocidad ó la masa de los cuerpos celestes. Solo los asteroides que atraviesan nuestra atmósfera pueden ser detenidos en medio de sus revoluciones planetarias, pasando á formar parte de un gran planeta. En este inmenso sistema, en

el que la fuerza de atraccion del cuerpo central determina los límites, se ven los cometas obligados á volver al punto de partida, aun desde una distancia igual á 44 radios de la órbita de Urano, y recorrer una órbita cerrada; no siendo menos maravilloso que hasta en aquellos cometas que por la escesiva tenuidad de su masa se nos aparecen bajo el aspecto de una nube cósmica, retenga sin embargo el núcleo, en virtud de su atraccion, las últimas partículas de una cola de muchos millones de leguas. Por donde se vé que las fuerzas centrales son á la vez las que constituyen y las que mantienen un sistema.

Aunque podemos considerar al Sol como inmóvil con relacion á los astros mayores ó menores, densos ó nebulosos, que verifican alrededor de él sus revoluciones periódicas, en realidad gira el mismo Sol en torno del centro de gravedad de todo el sistema, y este punto está situado ordinariamente en el interior del propio Sol, á pesar de los cambios que sobrevienen sin cesar en las posiciones respectivas de los planetas. Pero el movimiento progresivo que trasporta al Sol en el espacio, ó mejor dicho, el centro de gravedad del sistema solar, es de una naturaleza diferente; movimiento cuya velocidad es tal, que el cambio relativo del Sol y de la estrella 61 del Cisne, es, segun Bessel, de 619,000 miriámetros por dia (1). Nada sabríamos de este movimiento de traslacion del sistema solar, si la admirable exactitud de los instrumentos de medicion que posee actualmente la astronomía, y los progresos de sus métodos de observacion, no hubiesen llegado á hacer sensibles los pequeños cambios de posicion que al parecer afectan las estrellas, semejantes en esto á los objetos colocados sobre un rio, movible en apariencia. El movimiento peculiar de la estrella 61 del Cisne, es sin embargo bastante considerable para producir en setecientos años 1° entero de diferencia en su posicion relativa.

Apesar de las dificultades inherentes á la determina-

cion del movimiento propio de las estrellas (llámase asi el cambio que se origina en sus posiciones relativas), es, sin embargo, mas fácil medirle con exactitud que investigar su causa. Descartada la aberracion producida por la sucesiva propagacion de los rayos luminosos, y el pequeño paralaje que procede del movimiento de la Tierra alrededor del Sol, los cambios observados no nos dan aun el movimiento real de las estrellas sino combinado con los movimientos aparentes que han debido originarse de la traslacion general de todo el sistema solar. Mas los astrónomos han llegado á separar estos dos elementos, merced á la exactitud con que se conoce al presente la direccion del movimiento propio de ciertas estrellas, y á la ingeniosísima consideracion, debida á las leyes de la perspectiva, de que aun cuando las estrellas fuesen absolutamente inmóviles, deberian, no obstante aparentemente moverse separándose del punto hácia el cual dirige el Sol su carrera; y resulta en último análisis de estos trabajos, en que el cálculo de las probabilidades juega tan importante papel, que tanto las estrellas como el sistema solar están en movimiento á la vez en el espacio. Por investigaciones practicadas con arreglo á un plan mas vasto y mas perfecto que las de W. Herschell y Prevost, Argelander ha ha probado que el Sol se dirige actualmente hácia un punto situado en la constelacion de Hércules, á 257° 49′ 7″ de ascension recta y á 28° 49′ 7″ de declinacion boreal (equinoccio de 1792,5); resultado importante que se funda en la combinacion de los movimientos propios de 537 strellas(2). Fácilmente concíbese qué cúmulo de dificultades han debido presentarse en estas delicadas investigaciones, en que se trataba de distinguir los movimientos reales de los movimientos aparentes, y de formar la parte relativa al sistema solar.

Considerando los movimientos propios de las estrellas, despojados de todo efecto de perspectiva, hállanse muchas

que siguen direcciones opuestas por grupos; mas los datos actuales de la ciencia no bastan para obligarnos á admitir que todas las porciones de nuestra zona estrellada, y todas las pertenecientes á las demás zonas de que está lleno el Universo, deben moverse alrededor de un gran cuerpo desconocido, brillante ú opaco. Indudablemente, semejante hipótesis satisface á la imaginacion, y á la incesante actividad del espíritu humano, siempre deseoso de desentrañar las últimas causas. El Estagirita habia dicho ya: «Todo lo que tiene movimiento supone un motor; el encadenamiento de las causas no tendria fin, si no existiese un *primer motor inmóvil* (3).»

Pero el estudio de estos movimientos estelares no parálájicos, independientes del cambio de posicion del observador, ha abierto á la actividad humana ancho campo pa que estienda libremente sus investigaciones, sin lanzarse á concepciones vagas en el mundo ilimitado de las analogías. Aludo á las estrellas dobles, cuyos movimientos lentos ó rápidos, se verifican en órbitas elípticas segun las leyes de la gravitacion, dándonos asi la prueba irrecusable de que estas leyes no son especiales de nuestro sistema solar, si no que reinan tambien hasta en las mas apartadas regiones de la Creacion: sólida y bella conquista de la Astronomía, que asimismo debemos á los recientes progresos de los métodos de observacion y de cálculo. El número de estos sistemas binarios ó múltiples cuyos astros componentes circulan alrededor de un centro de gravedad comun, es verdaderamente pasmoso (pasaba de 2,800 en 1837); pero lo que principalmente hace de este descubrimiento una de las mas brillantes conquistas científicas de nuestra época, es la estension que dá á nuestros conocimientos sobre las fuerzas esenciales del Universo; es la prueba que nos ha suministrado de la universalidad de la gravitacion. Los tiempos que emplean estas estrellas en trazar una revolucion entera,

varían desde cuarenta y tres años, como en la estrella η de la Corona, hasta miles de años, como en la 66 de la Ballena, en la 38 de Géminis y en la 100 de Piscis. Desde los cálculos de Herschell hechos en 1782, el satélite mas próximo de la estrella principal en el sistema triple ζ de Cáncer, ha completado ya una revolucion y aun parte de otra. Combinando convenientemente las distancias y los ángulos (4) que determinaban en diferentes épocas las posiciones relativas de las estrellas que componen los sistemas dobles, se llega á calcular los elementos de sus órbitas reales, y aun á fijar provisionalmente sus distancias á la Tierra y la relacion de sus masas con la del Sol. Estos resultados conservarán largo tiempo un carácter hipotético, porque ignoramos si la fuerza de atraccion se regula invariablemente en aquellos sistemas, como en el nuestro, por la cantidad de las moléculas materiales; Bessel ha demostrado por qué aquella fuerza podria ser allí específica y no proporcional á las masas (5). La solucion definitiva de estos problemas, parece, pues, reservada á un porvenir muy lejano aun de nosotros.

Comparando el Sol con los astros que componen nuestra capa lenticular de estrellas, es decir, á otros soles que brillan por sí mismos con luz propia, se reconoce la posibilidad de determinar, respecto de algunos por lo menos, ciertos límites estremos entre los cuales deben hallarse comprendidas sus distancias, sus masas, sus magnitudes y su velocidad de traslacion en el espacio. Tomemos por unidad de medida el radio de la órbita de Urano, que equivale á diez y nueve radios de la órbita terrestre, y hallaremos que la distancia de α del Centauro, al centro de nuestro sistema planetario, contiene 11,900 de aquellas unidades; la de la estrella 61 del Cisne cerca de 31,300 y la de α de la Lira 41,600. La comparacion del volúmen de las estrellas de primera magnitud con el del Sol, depende

de su diámetro aparente; elemento óptico cuya determinacion presentará siempre una gran incertidumbre. Admitiendo con Herschell que el diámetro aparente de Arturo no escede de un décimo de segundo, resultará que su diámetro real es once veces mayor que el diámetro del Sol (6). Una vez que la distancia de la estrella 61 del Cisne es conocida, merced á los trabajos de Bessel, es posible determinar aproximadamente la masa de esta estrella doble. Bien es verdad, que no basta la porcion de la órbita que el satélite ha recorrido desde las observaciones de Bradley, para fijar con gran precision los elementos de su órbita real, y particularmente el eje máximo; sin embargo, el célebre astrónomo de Kœnigsberg (7) cree poder afirmar que «la masa de esta estrella doble no difiere en mucho de la mitad de la del Sol.» Este es un resultado de medidas efectivas; que por lo tocante á analogías fundadas en la masa que predomina en los planetas provistos de satélites, y en la observacion hecha por Struve de que hay entre las estrellas brillantes seis veces mas sistemas binarios que entre las estrellas telescópicas, han creido otros astrónomos poder atribuir á la mayor parte de las estrellas dobles, una masa media superior á la del Sol (8). Mucho tiempo ha de pasar todavía antes de obtener en este punto resultados generales. Añadamos por último, que Argelander coloca al Sol en el rango de las estrellas cuyo movimiento propio es considerable.

Causas numerosas que obran incesantemente produciendo variaciones en la posicion relativa de las estrellas y de las nebulosas, en el resplandor las de diferentes regiones del cielo, y en la apariencia general de las constelaciones, pueden despues de miles de años imprimir un carácter nuevo al aspecto grandioso y pintoresco de la bóveda estrellada. Estas causas son : los movimientos propios de las estrellas; el de traslacion que lleva en el espacio todo

nuestro sistema solar; la súbita aparicion de nuevas estrellas; la debilitacion y aun la estincion de algunas de las antiguas; y finalmente, y mas que todo, los cambios que esperimenta la direccion del eje terrestre á consecuencia de la accion combinada del Sol y de la Luna. Dia llegará en que las brillantes constelaciones de Centauro y de la Crùz del Sud, serán visibles para nuestras latitudes boreales, en tanto que otras estrellas (Sirio y el Tahalí de Orion) dejarán de aparecer sobre el horizonte. Las estrellas β y α de Cefeo y la δ del Cisne servirán sucesivamente para reconocer en el cielo la posicion del polo norte; y al cabo de doce mil años, la estrella polar será Vega de la Lira, la mas magnífica de todas cuantas pudieran desempeñar este papel.

Semejantes consideraciones hacen sensible en algun modo la magnitud de aquellos movimientos que proceden con lentitud, pero sin interrumpirse nunca; y cuyos vastos periodos forman como un reloj eterno del Universo. Supongamos por un momento que se realizan los sueños de nuestra imaginacion: que nuestra vista escediendo los límites de la vision telescópica, adquiere una potencia sobrenatural; que nuestras sensaciones duraderas nos permiten comprender los mayores intervalos de tiempo; en tal supuesto al punto desaparece la inmovilidad que reina en la bóveda celeste: innumerables estrellas son arrastradas como torbellinos de polvo en direcciones opuestas; las nebulosas errantes se condensan ó se disuelven; la via láctea se divide en pedazos como un inmenso cinturon que se desgarra en girones; por todas partes reina el movimiento en los espacios celestes, como reina sobre la tierra en cada punto de ese rico tapíz de vegetales, cuyos retoños, hojas y flores presentan el espectáculo de un perpétuo desarrollo. El célebre naturalista español Cavanilles fué el primero que tuvo la idea de ver «crecer la yerba,» dirigien-

do un fuerte anteojo provisto de un hilo micrométrico horizontal, ya sobre el tronco de un alóe americano (*Agave americana*), cuyo crecimiento es tan rápido, ya sobre la copa de un boton de bambú, de igual manera que lo hacen los astrónomos cuando miran por la cuadrícula de sus telescopios una estrella culminante. En la naturaleza física, para los astros como para los séres organizados, el movimiento parece ser una condicion esencial de la produccion, de la conservacion y del desarrollo.

El fraccionamiento de la via láctea, que acabo de mencionar, merece especial atencion. Midiendo el cielo con la ayuda de estos poderosos telescopios, William Herschell, á quien es preciso tomar siempre por guia en esta parte de la historia de los cielos, halló que la latitud real de la via láctea escede en 6 ó 7° á su latitud aparente, á la que se distingue con la simple vista y se halla figurada en los mapas celestes (9). Los dos nodos brillantes en que se reunen sus dos ramas, uno de loscuales está situado hácia Cefeo y Casiopea, y el otro hácia el Escorpion y Sagitario, parecen ejercer sobre las estrellas inmediatas una atraccion poderosa. Entre la β y γ del Cisne se vé una region resplandeciente como de 5.° de ancha. Este conjunto de estrellas contiene á lo menos 330000, de las que una mitad parece dirigida en un sentido completamente opuesto á la de la otra mitad; por donde Herschell supone una tendencia á la ruptura en esta parte de la capa estelar (10). Calcúlase en 18 millones el número de estrellas que permite distinguir el telescopio en la via láctea. Para formarse idea de la magnitud de este número, ó mas bien, para buscar un término de comparacion, basta recordar que no divisamos á simple vista en toda la superficie del cielo, mas que 8000 estrellas; que tal es, en efecto, el número de las comprendidas entre la primera y sesta magnitud. Por lo demás, los dos estremos de la estension, es decir, los cuer-

pos celestes y los animalillos microscópicos, concurren ambos á producir esa impresion de asombro que escitan en nosotros los grandes números, sentimiento estéril cuando se les presenta aislados, sin relacion con el plan general de la naturaleza ó con la inteligencia humana: una pulgada cúbica de trípol de Bilin, contiene en efecto, segun Erhemberg, 40.000 millones de conchas silíceas de galionelas.

Segun hace notar Argelander, las estrellas brillantes son mas numerosas en la region de la via láctea que en cualquiera otra parte del cielo; pero además de esta via láctea, compuesta de estrellas, hay otra via láctea de nebulosas que encuentra á la primera casi en ángulo recto. De las observaciones de Sir John Herschell, se desprende que la primera forma un anillo análogo al de Saturno, una especie de cinturon aislado por todas partes y colocado á alguna distancia de nuestra capa lenticular de estrellas. Nuestro sistema planetario está situado en el interior de este anillo, pero escéntricamente, mas cerca de la region donde se halla la Cruz del Sud que de la region opuesta de Casiopea (11). Una nebulosa que Messier descubrió en 1774, pero que no pudo observarse sino imperfectamente, reproduce al parecer con asombrosa exactitud todos los rasgos del conjunto que acabamos de bosquejar, pues, se encuentra allí el grupo interior y el anillo formado por las diversas partes de la via láctea (12). Respecto de la via láctea compuesta de nebulosas, creese que no pertenece á nuestra zona estelar, sino que la rodea únicamente á una enorme distancia bajo la forma de un gran círculo, casi perfecto, que atraviesa las nebulosas de Virgo tan numerosas hácia el ala septentrional, la cabellera de Berenice, la Osa mayor, el cinturon de Andrómeda y los Piscis boreales. Probablemente esta via láctea se cruza con la otra formada de estrellas hácia la region de Casiopea, reuniendo asi sus polos situados en la direccion en que es menos espesa nues-

tra capa estelar; polos destruidos indudablemente por las fuerzas que condensaron las estrellas en grupos (13).

Segun estas consideraciones deberíamos representarnos en el espacio: primero, nuestro grupo de estrellas, donde se encuentran indicios de un cambio progresivo de formas, y aun de una dislocacion, determinada, indudablemente, por la atraccion de los centros secundarios; despues, dos anillos de los cuales, uno, colocado á muy grande distancia se compone esclusivamente de nebulosas, y el otro mas aproximado á la Tierra, está formado enteramente de estrellas desprovistas de nebulosidades, (es el que llamamos via láctea). Estas estrellas parecen por término medio, de décima ó undécima magnitud (14); pero tomadas separadamente, difieren mucho entre sí; mientras que, por el contrario, las que componen los grupos aislados ofrecen casi siempre una perfecta uniformidad de magnitud y de brillo.

Por cualquier punto que se haya estudiado la bóveda celeste con auxilio de telescopios, bastante graduados para penetrar en el espacio, hánse visto estrellas siquiera no hayan sido mas que de vigésima ó vigésima cuarta magnitud; ó bien nebulosas, en las cuales, instrumentos mas poderosos, nos harian distinguir, sin duda, algunas estrellas aun mas pequeñas. En efecto, los rayos luminosos que recibe la retina en estos diversos géneros de observacion, proceden, ya de puntos aislados, ya de puntos estremadamente cercanos; siendo en este último caso la visibilidad mayor que en el primero, como lo ha demostrado recientemente Arago (15). La nebulosidad cósmica universalmente esparcida en el espacio, modifica verosímilmente su transparencia, y deberia por lo tanto disminuir la intensidad de aquella luz homogénea que, deberia existir en toda la bóveda celeste, segun Halley y Olbers, si cada uno de sus puntos fuese la base de una série infinita de estrellas dispuestas en el sentido de la profundidad (16). Pero estas

ideas no están conformes con lo que nos enseña la observacion; muéstranos esta, regiones enteras desprovistas de estrellas, aberturas en el cielo, como decia Herschell; existe una en Escorpion, de 4° de latitud, y otra en el Serpentario; cerca de estas dos aberturas y hácia sus bordes, se encuentran nebulosas resolubles. La que se nota al borde occidental de la abertura de Escorpion es uno de los mas ricos grupos de pequeñas estrellas que pueden hallarse en el cielo. Herschell esplica por la atraccion de estos grupos la ausencia de estrellas en las regiones vacías (17). «Hay, dice, en nuestra zona estelar regiones que el tiempo ha destruido.» Si queremos representarnos las estrellas telescópicas escalonadas en el espacio, como formando un tapíz que cubre toda la bóveda aparente del cielo, entonces, las regiones vacías de Escorpion y Serpentario, serian otras tantas aberturas por donde penetra nuestra vista hasta en las mas hondas profundidades del universo. Allá donde las capas del tapíz están interrumpidas, habrá quizás otras estrellas que nuestros instrumentos no alcanzan á divisar. La aparicion de los metéoros igneos, indujo tambien á los antiguos á suponer que existen hendiduras ó brechas (*chasmata*) en la bóveda celeste; pero las consideraban únicamente como pasajeras, creyendo además que estas hendiduras eran brillantes y no oscuras, á causa del éter luminoso que debia segun ellos distinguirse, por aberturas accidentales (18). Derham y el mismo Huygens, no estuvieron muy lejos de esplicar de esta manera la tranquila luz de las nebulosas (19).

Cuando comparamos las estrellas de primera magnitud con las estrellas telescópicas, que están ciertamente, por término medio, mucho mas apartadas de nosotros; cuando comparamos los grupos nebulosos con las nebulosidades irreductibles, como la de Andrómeda por ejemplo, ó bien con las nebulosas planetarias, nuestras concepciones acerca de esos mundos situados á distancias tan diferentes y como

perdidos en la inmensidad, esperimentan el dominio de un hecho que modifica, segun ciertas leyes, todos los fenómenos y todas las apariencias celestes: el hecho de la propagacion sucesiva de los rayos luminosos. Segun las últimas investigaciones de Struve, es de 30,808 miriámetros por segundo la velocidad de la luz: un millon de veces próximamente mayor que la del sonido. Con arreglo á lo que los trabajos de Maclear, de Bessel y de Struve nos han enseñado acerca de las paralajes y las distancias absolutas de tres estrellas muy desiguales en brillo, α del Centauro, 61 del Cisne y α de la Lira, un rayo luminoso, á partir de cada una de ellas emplearia respectivamente tres, nueve y un cuarto, y doce años para llegar de aquellos astros hasta nosotros. Ahora bien: en el corto pero memorable periodo de 1572 á 1604, es decir desde Cornelio Gemma y Tycho hasta Képlero, aparecieron sucesivamente tres estrellas nuevas, una en la Casiopea, otra en el Cisne y la tercera en el pie del Serpentario. El mismo fenómeno se reprodujo en 1670, en la constelacion de la Vulpeja, pero con intermitencia; y en estos últimos tiempos Sir John Herschell ha reconocido durante su permanencia en el Cabo de Buena-Esperanza, que el brillo de la estrella η del Navio se habia aumentado gradualmente desde la segunda hasta la primera magnitud (20). Todos estos hechos pertenecen en realidad á épocas anteriores á aquellas en que los fenómenos de luz los anunciaron á los habitantes de la tierra; llegan pues á nosotros como por la tradicion. Háse dicho con verdad, que, merced á nuestros poderosos telescopios, nos ha sido dable penetrar á la vez en el espacio y en el tiempo. Medimos efectivamente el uno por el otro; y una hora de camino equivale para la luz á 110.000.000 de miriámetros que recorrer. Mientras que en la Teogonia de Hesiodo las dimensiones del Universo están espresadas por la caida de los cuerpos («el yunque de acero no cayó del cielo á la tier-

ra mas que 9 dias y 9 noches»), Herschell estimaba que la luz emitida por las últimas nebulosas, visibles aun con su telescopio de cuarenta pies, debia emplear cerca de dos millones de años para llegar hasta nosotros (21). Así pues, ¡cuántos fénomenos habrán desaparecido mucho antes de ser percibidos por nuestros ojos! y ¡cuántos cambios que no vemos aun se habrán verificado ya de muy antiguo! Los fenómenos celestes no son simultáneos sino en apariencia; y aunque se disminuya tanto como se quiera la distancia á que se hallan de nosotros las débiles manchas de nebulosa, ó los grupos estrellados; aunque se reduzcan los miles de años que miden sus distancias, no por ello dejará de ser la luz que emitieron y que llega á nosotros hoy, en virtud de las leyes de la propagacion, el testimonio mas antiguo de la existencia de la materia. De esta manera es como la ciencia lleva al espíritu humano desde las premisas mas simples á las mas altas concepciones, y abre esos campos fecundados de luz «donde infinitos mundos germinan como la yerba de una noche (22).»

SEGUNDA PARTE.

LA TIERRA.

CUADRO DE LOS FENÓMENOS TERRESTRES.

Despues de la naturaleza celeste, vengamos á la terrestre. Un lazo misterioso las une, y en el mito de los Titanes era el sentido oculto (23), que el órden en el mundo depende de la union del cielo con la tierra. Si por su orígen pertenece la Tierra al Sol, ó cuando menos á su atmósfera, subdividida en otro tiempo en anillos, actualmente está la Tierra en relacion con el astro central de nuestro sistema y con todos los soles que brillan en el firmamento, por medio de las emisiones de calor y de luz: pues si bien hay gran desproporcion entre esas influencias, no debe impedir esto el reconocimiento de su semejanza y conexion. Una débil parte del calor terrestre, proviene del espacio en que se mueve nuestro planeta; y esta temperatura del espacio, resultante de las irradiaciones caloríficas de todos los astros del Universo, es casi igual, segun Fourier, á la temperatura media de nuestras regiones polares. Pero la accion preponderante pertenece al Sol; sus rayos penetran la atmósfera; iluminan y calientan su superficie; producen corrientes eléctricas y magnéticas; y engendran y desarrollan el gérmen de la vida en los séres organizados.

Tendremos que considerar primeramente la distribucion de los elementos sólidos y líquidos, la figura de la Tierra,

su densidad media y las variaciones que esperimenta á cierta profundidad, y por último, el calor y la tension electro-magnética del globo. De este modo llegaremos á estudiar la reaccion que el interior ejerce contra la superficie; y la intervencion de una fuerza universalmente esparcida, el calor subterráneo, nos esplicará el fenómeno de los temblores de tierra, cuyo efecto se hace sentir en círculos de conmocion, mas ó menos estensos, el salto de las fuentes termales, y los poderosos esfuerzos de los agentes volcánicos. Las sacudidas interiores, ya bruscas y repetidas, ya contínuas y por consiguiente apenas sensibles, modifican poco á poco las alturas relativas de las partes sólidas y líquidas de la corteza terrestre, y cambian la configuracion del fondo del mar. Al mismo tiempo fórmanse aberturas temporales ó permanentes que ponen en comunicacion el interior de la tierra con la atmósfera; y en tal caso, de una profundidad desconocida surgen masas en fusion que se estienden en corrientes estrechas por los flancos de las montañas, ya con la impetuosidad del torrente, ya con un movimiento lento y progresivo, hasta que la fuente ignea se agota y la humeante lava se solidifica bajo la corteza de que está cubierta. Nuevas rocas se presentan entonces á nuestra vista, en tanto que las fuerzas plutónicas modifican las antiguas por medio del contacto con las formaciones recientes, y mas frecuentemente aun por la influencia de un manantial próximo de calor; sin que aun faltando la penetracion las partículas cristalinas estén fuera de lugar y de unirse en un tejido mas denso. Las aguas ofrecen combinaciones de otra naturaleza; tales son, las concreciones de restos de animales ó vegetales; los sedimentos terrosos, arcillosos ó calizos, y los conglomerados, compuestos de detritos de las rocas, cubiertos por capas formadas de conchas silíceas de los infusorios, y por los terrenos de transporte donde yacen las especies animales del mundo antiguo. El estudio de estas formaciones; de

estas capas dislocadas, repuestas, dobladas en todos sentidos por presiones contrarias, ó por los esfuerzos de los agentes volcánicos, lleva á comparar la época actual con las anteriores; á combinar los hechos segun las reglas mas simples de la analogía; á generalizar las relaciones de estension, y las de las fuerzas que se ven todavía en actividad. Así ha salido tambien de la vaga oscuridad en que ha yacido la geognosia, totalmente desconocida hace cincuenta años.

Háse dicho que los grandes telescopios nos habian dado á conocer el interior de los demas planetas, mas bien que su superficie: la indicacion es exacta, si se esceptúa la Luna. Merced á los admirables progresos de las observaciones y de los cálculos astronómicos, pésanse los planetas; se miden sus volúmenes, y determínanse sus masas y sus densidades con una precision siempre creciente; pero quedan ignoradas, por el contrario, sus propiedades físicas. Solo en la Tierra, merced al contacto inmediato, estamos en relacion con los elementos que componen la naturaleza orgánica y la inorgánica; los cuales, combinados y transformados de mil maneras, ofrecen á nuestra actividad el alimento que le conviene, asignan un fin á nuestras investigaciones, abren ancho campo á nuestras indagaciones, y el espíritu humano, fortificado en esta lucha contínua, se eleva y se engrandece con sus conquistas. Así el mundo de los hechos se refleja en el de las ideas, y cada gran clase de fenómenos viene á ser, á su vez, objeto de una nueva ciencia.

En la de la tierra encuentra el hombre la superioridad de accion que resulta de su posicion misma sobre la superficie del globo. Hemos visto cómo la física del cielo, desde las lejanas nebulosas hasta el cuerpo central de nuestro sistema, está limitada á las nociones generales de volúmen y de masa. Allá, nuestros sentidos no pueden percibir rasgo alguno de vida, y si se han aventurado al-

gunas conjeturas acerca de la naturaleza de los elementos que constituyen tal ó cual cuerpo celeste, ha sido preciso deducirlos de simples semejanzas. Pero las propiedades de la materia; sus afinidades químicas; los modos de agregacion regular de sus partículas, ya en cristales, ya en forma granítica; sus relaciones con la luz que la atraviesa separándose ó dividiéndose, con el calórico radiante, ora transmitido en el estado neutro, ora en el de la polarizacion, y con las fuerzas electro-magnéticas, tan enérgicas; en una palabra, todo ese tesoro de conocimientos que dan ánuestras ciencias físicas tanta grandeza y poder, lo debemos únicamente á la superficie del planeta que habitamos y mas aun á su parte sólida que á su parte líquida. Pero sería supérfluo el detenernos mas tiempo en este asunto; la superioridad intelectual del hombre en ciertas ramas de las ciencias del Universó, de pende de un enlace de causas semejantes á las que dan á ciertos pueblos una superioridad material sobre parte de los elementos.

Despues de haber señalado la diferencia esencial que existe bajo este punto de vista entre la ciencia de la tierra y la ciencia de los cuerpos celestes, es indispensable reconocer tambien hasta donde pueden estenderse nuestras investigaciones sobre las propiedades de la materia. Su campo está circunscrito por la superficie terrestre, ó mas bien por la profundidad adonde las escavaciones naturales y los trabajos de los hombres nos permiten llegar. Estos últímos no han penetrado en el sentido vertical mas que 650 metros bajo el nivel del mar, es decir, á $^1/_{9800}$ del rádio de la Tierra (24). Las masas cristalinas arrojadas por los volcanes todavía en actividad, y semejantes en su mayor parte á las rocas de la superficie, provienen de profundidades indeterminadas, pero cuando menos, sesenta veces mayores que aquellas que alcanzaron los trabajos del hombre. Allá donde un lecho de carbon de piedra se sumerge y se

encorva para elevarse mas lejos á una distancia conocida, es posible evaluar en números la profundidad de la capa; y se ha demostrado que estos depósitos de carbon, mezclados con restos orgánicos del mundo antiguo, se hunden á 2.000 metros bajo el nivel del mar (en Bélgica, por ejemplo). Los terrenos calcáreos, y las capas devonianas encorvadas en forma de valles, alcanzan una doble profundidad (25). Si se comparan estas depresiones subterráneas con las cimas de las montañas miradas hasta el presente como las mas altas partes de la corteza levantada de nuestro globo, se encuentra una distancia de 1 miriámetro y $^1/_{10}$, lo que equivale á $^1/_{524}$ del rádio terrestre. Tal es, en el sentido vertical, el único espacio donde podrian ejercerse las investigaciones de la geognosia, aun cuando la superficie de la Tierra entera se estendiese hasta los vértices del Dhawalagiri ó del Soráta. Todo cuanto está situado á mayores profundidades que las depresiones de que he hablado, que los trabajos de los hombres y que el fondo del mar donde la sonda haya podido llegar (James Ross ha desarrollado 30.000 piés de sonda sin alcanzarle), nos es tan desconocido como el interior de los demas planetas de nuestro sistema solar. De igual modo, conocemos únicamente el total de la masa de la Tierra y su densidad media, comparada con la de las capas superficiales, las únicas accesibles para nosotros. En la carencia de todo dato positivo acerca de las propiedades químicas ó físicas del interior del globo, estamos nuevamente obligados á recurrir á las congeturas, como si se tratase de los demás planetas que giran alrededor del Sol. Así, que no tenemos dato alguno cierto acerca de la profundidad en la cual llegan las rocas al estado de reblandecimiento ó de fusion completa; ni de las cavidades que llenan los vapores elásticos; ni del estado de los gases interiores sometidos á una enorme presion y á una alta temperatura; ni, y, en fin, sobre la ley que

siguen las densidades crecientes de las capas comprendidas entre el centro y la superficie de la tierra.

La elevacion de la temperatura á proporcion que se va profundizando en el terreno, y la reaccion del interior del globo contra la superficie, nos conducirán á la larga série de los fenómenos volcánicos: tales son, los terremotos, las emisiones gaseosas, las fuentes termales, los volcanes de cieno y las corrientes de lava que vomitan los cráteres eruptivos. Tambien la potencia de las fuerzas elásticas obran alterando el nivel de la superficie. Grandes playas, continentes enteros, se han levantado ó hundido; las partes sólidas se separan de las fluidas; el Océano, atravesado por corrientes cálidas ó frias, como por otros tantos rios aislados en su masa líquida, cubre de hielo los polos y baña con sus aguas las rocas, ya densas y resistentes, ya disgregadas y reunidas en bancos movibles. Los límites que separan las aguas de los continentes ó de las tierras, esperimentan frecuentes cambios. Las llanuras han oscilado de abajo á arriba, y de alto á bajo. Despues del solevantamiento de los continentes, se han producido grandes hendiduras casi todasparalelas; y hácia la misma época, probablemente, surgieron las cadenas de montañas. Lagos salados y grandes masas de aguas interiores, durante largo tiempo habitados por las mismas especies animales, violentamente se separaron, ocasionando estos trastornos, de que son prueba suficiente los restos fósiles de conchas y de zoófitos, que se encuentran idénticos en todas partes. Así se descubre, siguiendo el exámen de los fenómenos en su mútua dependencia, que las fuerzas poderosas cuya accion se ejerce en las entrañas del globo, son tambien las que quebrantan la corteza terrestre, y abren salidas á los torrentes de lava arrojados por la enorme presion de los vapores elásticos.

Estas fuerzas que en otro tiempo solevantaron hasta la

region de las nieves perpétuas, las cimas de los Andes y del Himalaya, han producido tambien en las rocas combinaciones y agregaciones nuevas, y trasformado las capas, anteriormente depositadas en el seno de las aguas, en donde existia ya bajo mil formas la vida orgánica. Reconocemos aquí toda la série de las formaciones superpuestas por órden de antigüedad, y hallamos de nuevo en estas capas las variaciones de forma que han afectado á la superficie, los efectos dinámicos de las fuerzas espansivas, y hasta las acciones químicas de los vapores emitidos por las hendiduras.

Las partes sólidas y secas de la superficie terrestre donde la vejetacion ha podido desarrollarse en todo su estraordinario vigor, es decir, los continentes, están en contínua relacion de accion y de reaccion con las masas que los rodea, en donde reina casi esclusivamente la organizacion animal. El elemento líquido se halla á su vez cubierto por las capas atmosféricas, Océano aéreo cuyos bajíos son las cadenas de montañas y las mesetas, y en donde se producen tambien corrientes y variaciones de temperatura; la humedad acumulada en la region de las nubes se condensa alrededor de los vértices elevados, corre por los flancos de las montañas, y de allá va á esparcir por do quiera en las llanuras la fecundidad y el movimiento.

Pero si la distribucion de los mares y de los continentes, la forma general de la superficie y la direccion de las líneas isotermas (zonas en que las temperaturas medias del año son iguales), regulan y dominan la geografía de las plantas; no sucede lo mismo cuando se trata de las razas humanas, último y mas noble objeto de una descripcion física del mundo. Los progresos de la civilizacion, el desarrollo de las facultades y la cultura general de la inteligencia que funda en las naciones la supremacia política, concurren con los accidentes locales, aunque de una manera mas eficaz, á

determinar los caractéres diferenciales de la raza y su distribucion numérica sobre la superficie del globo. Ciertas razas, fuertemente apegadas al suelo que ocupan, pueden ser rechazadas de él y aun destruidas por razas vecinas mas desarrolladas, sin que apenas quede de ellas un recuerdo que recoger en la historia. Otras, inferiores solamente por el número, atraviesan entonces los mares, y de este modo es como han adquirido casi siempre los pueblos navegantes sus conocimientos geográficos, aunque la superficie total del globo, ó al menos la de los países marítimos, no se haya conocido del uno al otro polo sino hasta mucho despues.

Antes de abordar en los detalles el vasto cuadro de la naturaleza terrestre, he querido indicar aquí en globo de qué manera pueden reunirse en una sola obra la descripcion de la superficie de la Tierra; las manifestaciones de las fuerzas que se mueven sin cesar en su seno, como el electro-magnetismo y el calórico subterráneo; las relaciones de estension y de configuracion, tanto horizontal como verticalmente consideradas; las formaciones típicas de la geognosia; los grandes fenómenos del mar y de la atmósfera; la distribucion geográfica de las plantas y de los animales; y por último, la gradacion física de las razas humanas, únicas susceptibles de cultura intelectual, siempre y por do quiera. Esta unidad de esposicion supone que los fenómenos han sido mirados en su mútua dependencia y en el órden natural de su encadenamiento. La simple yusta posicion de los hechos no llenaria el objeto que me propongo; no podria satisfacer la necesidad de una esposicion cósmica que despierta en mi alma el aspecto de la naturaleza durante mis largos viajes marítimos y terrestres por las mas diversas zonas; deseo formulado mas enérgicamente cada dia, á medida que el detenido estudio de la naturaleza desarrollaba en mí el sentimiento de su unidad. Indudablemente que esta tenta-

tiva será imperfecta bajo mas de un concepto; pero el magnífico espectáculo que ofrecen los rápidos adelantos de todos los ramos de las ciencias físicas, me permiten esperar que bien pronto será posible corregir y completar las partes defectuosas de mi obra. En el órden mismo de los progresos científicos está, que hechos por largo tiempo aislados y sin enlace vengan sucesivamente á ligarse con el conjunto, sometiéndose á las leyes generales. Solamente indico aquí la via de la observacion y de la esperiencia, por donde camino como otros muchos, esperando que llegue un dia en que realizándose los votos de Sócrates (26), «sea la razon el único intérprete de la naturaleza.»

Pasando ahora á pintar la naturaleza terrestre bajo todos sus aspectos, necesario es empezar por la figura y las dimensiones de la Tierra, atento que la figura geométrica de este planeta nos manifiesta su orígen y su historia tan bien ó mejor que el estudio de sus rocas y minerales. Su forma elíptica acusa la fluidéz primitiva, ó al menos el reblandecimiento de su masa; asi como su aplanamiento es, para los que saben leer en el libro de la naturaleza, uno de los datos mas antiguos de la geognosia. De la misma manera, la forma elíptica del esferoide lunar, y la direccion constante de su eje máximo hácia nuestro planeta, son hechos que se remontan al orígen de aquel satélite. «La figura matemática de la Tierra es aquella que tomaria su superficie si la cubriese completamente un líquido en estado de reposo;» y á esta superficie ideal, que no reproduce las desigualdades ni los accidentes de la parte sólida de la superficie real, (27) es á la que se refieren todas las medidas geodésicas, cuando se las reduce al nivel del mar. Para determinar exactamente esta superficie ideal, basta conocer el valor del aplanamiento y la longitud del diámetro equatorial; pero el estudio completo de la superficie exigiria que una doble medida fuere ejecutada en dos direcciones rectangulares.

Con las once *medidas de grados* (determinaciones de la curvatura de la Tierra en diferentes puntos de su superficie) practicadas hasta ahora, 9 de ellas en nuestro siglo, conocemos ya bien la figura del globo, que Plinio llamaba «un punto en el Universo» (28). Estas medidas no dan para diferentes meridianos la misma curvatura bajo igual latitud; lo cual prueba la exactitud de los instrumentos empleados y la fidelidad de los resultados parciales. El decrecimiento de la pesadez cuando se va del ecuador al polo, depende de la ley que siguen las variaciones de la densidad en el interior del globo; y lo mismo sucederá con cuantas deducciones saquemos de este hecho respecto de la figura de la Tierra. Asi, por ejemplo, cuando inspirado por consideracionos teóricas no menos que por el descubrimiento del aplanamiento de Júpiter, que Cassini habia hecho antes de 1666, anunció Newton en sus inmortales *Philosophiæ naturalis Principia* el aplanamiento de la Tierra, (29) fijó su valor en $^1/_{200}$, bajo la hipótesis de una masa *homogénea*, en tanto que las medidas efectivas, sometidas á los poderosos métodos de la análisis recientemente perfeccionada, han probado que el aplanamiento del esferoide terrestre es próximamente igual á $^1/_{300}$, por considerarse que la densidad de las capas es cada vez mayor hácia el centro.

Tres métodos se han empleado para determinar la curvatura de la Tierra; á saber: las medidas efectivas de grados de meridiano; las observaciones del péndulo; y ciertas desigualdades lunares: todas tres dan idéntico resultado. El primer método es á la vez geométrico y astronómico; en los otros dos, se pasa de los movimientos observados con exactitud á las fuerzas que los han producido, y de estas mismas fuerzas á su causa comun, que está en relacion con el aplanamiento de la Tierra. Aunque en este cuadro general de la naturaleza no debiera tratar de métodos, me ha parecido conveniente, sin embargo, hacer una escepcion en fa-

vor de los que acabo de citar, porque son muy propios para hacer resaltar la estrecha conexion de la forma y de las fuerzas con los fenómenos generales. Por otra parte, estos métodos han jugado en la ciencia un papel principal, proporcionando la ocasion de someter á una prueba delicada todos los instrumentos métricos, de perfeccionar en astronomía la teoría de los movimientos de la Luna, y en mecánica la del péndulo oscilante en un medio resistente, y abriendo en fin, nuevos caminos á la análisis. Desde la investigacion del paralaje de las estrellas, á la que debemos el descubrimiento de la aberracion y de la mutacion, no se encuentra en la historia de las ciencias ningun otro problema, sino el de la figura de la Tierra, cuya solucion pueda rivalizar en importancia con los progresos generales que resultan indirectamente de los esfuerzos intentados para llegar al objeto. Bessel ha comparado y calculado, sujetándose á los métodos mas rigurosos, once medidas de grados, de las cuales tres fueron ejecutadas fuera de Europa; una en el Perú (la antigua medida francesa), y las otras dos en las Indias orientales; deduciéndose de todas ellas un aplanamiento equivalente á $^1/_{299}$ (30). Asi, pues, el semidiámetro polar de este elipsoide de revolucion, tiene de longitud 10,938 toesas (21 kilómetros próximamente), menos que el semidiámetro ecuatorial; de donde se sigue que el ensanche del Ecuador es como cinco veces la altura del Mont-Blanc, ó como dos veces y media la altura probable del Dhawalagiri, que es la mas alta montaña de la cadena del Himalaya. Las desigualdades lunares (perturbaciones del movimiento de la Luna en longitud y en latitud) han dado á Laplace un aplanamiento de $^1/_{299}$; es decir, el mismo resultado que se obtuvo de las medidas de grados. Pero las observaciones del péndulo (31) dan por término medio un aplanamiento mucho mayor ($^1/_{288}$).

Cuéntase que Galileo en su niñez, hallándose un dia

en los divinos oficios, que indudablemente no debian interesarle, reconoció la posibilidad de medir la elevacion de la cúpula de la iglesia por la duracion de las oscilaciones de las lámparas suspendidas en la bóveda á alturas desiguales. ¡Cuán lejos estaba entonces de prever que su péndulo seria trasportado del uno al otro polo, para determinar la figura de la Tierra, ó mas bien, para comprobar que la diferente densidad de las capas terrestres influye sobre la longitud del péndulo de segundos! Verdaderamente son admirables en sumo grado las propiedades geognósticas de este instrumento, destinado al principio á medir el tiempo, pero que puede asimismo servir para sondear en cierto sentido grandes profundidades; para indicar, por ejemplo, si en ciertas islas volcánicas (32), ó sobre las vertientes de las cadenas de montañas (33), existen cavidades subterráneas ó pesadas masas de basalto y de melafiro. Desgraciadamente estas bellas propiedades se convierten en graves inconvenientes, cuando se trata de aplicar el método de las oscilaciones del péndulo al estudio de la forma de la Tierra. Las cadenas de montañas y la variable densidad de las capas terrestres influyen tambien, aunque no de una manera tan perjudicial, en la parte astronómica de las medidas de arcos de meridiano.

Conocida la figura de la Tierra, puede deducirse de ella la influencia que ejerce en los movimientos de la Luna; y recíprocamente, conociendo bien estos movimientos es fácil llegar á la forma de nuestro planeta. Por esto decia Laplace (34): «Es cosa muy notable, que un astrónomo sin salir de su observatorio, y comparando únicamente sus observaciones con la análisis, hubiese podido determinar exactamente la magnitud y el aplanamiento de la Tierra, y su distancia al Sol y á la Luna; elementos cuyo conocimiento ha sido el fruto de largos y penosos viajes en uno y otro hemisferio.» El aplanamiento que se deduce asi de

las desigualdades lunares, tiene sobre las medidas aisladas de grado, y sobre las observaciones del péndulo, la ventaja de ser independiente de los accidentes locales, y puede considerarse como el aplanamiento *medio* de nuestro planeta. Comparándole con la velocidad de rotacion de la Tierra, prueba que la densidad de las capas terrestres va creciendo desde la superficie hácia el centro; resultado idéntico al que se obtiene cuando se compara los aplanamientos de Júpiter y Saturno con la duracion de sus respectivas rotaciones. Por donde se vé, que el conocimiento de la figura esterior de los astros conduce á la de las propiedades de su masa interior.

Los dos hemisferios presentan casi la misma curvatura bajo las mismas latitudes (35); pero las medidas de grados y las observaciones del péndulo dan para diversas localidades resultados tan diferentes, que ninguna figura regular puede adaptarse á datos asi obtenidos. La figura real de la Tierra es á una figura regular geométrica, «lo que la accidentada superficie de un mar tempestuoso á la superficie tranquila de un estanque.»

No le bastaba al hombre haber medido asi la Tierra, sino que le era preciso tambien pesarla; y para ello se han imaginado muchos métodos. El primero consiste en determinar, por medio de una combinacion de medidas astronómicas y geodésicas, cuánto desvia la plomada de la direccion vertical á las inmediaciones de las montañas. Fúndase el segundo en la comparacion de las longitudes de un péndulo que se hace oscilar primero al pié, y luego al vértice de una montaña. El tercero es la balanza de torsion, que puede considerarse tambien como un péndulo oscilante en el sentido horizontal. De estos tres procedimientos (36), el último es el mas seguro, porque no exige, como los otros dos, la determinacion, siempre difícil, de la densidad de los minerales de que se compone una montaña. Las inves-

tigaciones recientes de Reich, hechas con la balanza de torsion, han fijado la densidad media de toda la Tierra en 5,44, tomando por mitad la del agua pura. Ahora bien: segun la naturaleza de las rocas que componen las capas superiores de la parte sólida del globo, la densidad de los continentes es apenas de 2,7; y por consiguiente la densidad media de los continentes y de los mares no llega á 1,6. Véase, pues, cuánto deberá ir creciendo hácia el centro la densidad de las capas interiores, bien sea por la presion que esperimentan, ó bien por la naturaleza de sus materiales. Nueva razon que añadir á las que han hecho dar al péndulo vertical ù horizontal, el nombre de instrumento geognóstico.

Muchos físicos célebres, colocados en puntos de vista diferentes, han deducido de este resultado conclusiones diametralmente opuestas acerca del interior de nuestro globo. Háse calculado á cuánta profundidad deben adquirir los líquidos, y aun los gases, mayor densidad que la del platino ó el iridio; y despues, para armonizar la hipótesis de la compresibilidad indefinida de la materia con el valor fijo del aplanamiento, reducido ya hoy á límites muy aproximados entre sí, el ingenioso Leslie se ha visto en la necesidad de presentarnos el interior del globo terrestre como una caverna esférica «llena por un fluido imponderable, pero dotada de una fuerza de espansion enorme.» Tan aventuradas concepciones dieron origen bien pronto á ideas aun mas fantásticas, en espíritus verdaderamente estraños á las ciencias. Llegóse á suponer que crecian plantas en aquella esfera hueca; poblósela de animales; y para disipar las tinieblas, díjose que circulaban en ella dos astros: Pluton y Proserpina. Estas regiones subterráneas fueron dotadas de una temperatura casi igual, y de un aire siempre luminoso á causa de la presion que esperimenta (olvidóse sin duda la existencia de dos soles colocados allí para ilu-

minarlas); por último, imaginóse que á los 82° de latitud, cerca del Polo Norte, se hallaba una inmensa abertura por donde debia salir la luz de las auroras boreales, y que permitia bajar á la esfera hueca. Sir Humphry Davy y yo fuimos invitados públicamente por el capitan Symmes para emprender esta espedicion subterránea. ¡Tan enérgica es la tendencia de ciertos espíritus á poblar de maravillas los espacios desconocidos, sin tener en cuenta los hechos adquiridos por la ciencia ni las leyes universalmente reconocidas en la naturaleza! Ya á fines del siglo XVII, el célebre Halley, en sus especulaciones magnéticas, habia escavado así el interior de la Tierra, suponiendo que un núcleo, girando libremente en aquella cavidad subterránea, producia las variaciones anuales y diurnas de la declinacion de la aguja imantada. Estas ideas, que no fueron jamás sino pura ficcion para el ingenioso Holberg, han hecho fortuna en nuestros dias, y háse pretendido darles con seriedad increible cierto valor científico.

La figura, la densidad y consistencia actuales del globo están íntimamente ligadas á las fuerzas que se agitan en su seno independientemente de toda influencia esterior. Así, la fuerza centrífuga, consecuencia del movimiento de rotacion de que está animado el esferóide terrestre, ha determinado el aplanamiento del globo; y á su vez este aplanamiento denota la fluidez primitiva de nuestro planeta. Una cantidad enorme de calórico latente háse hecho libre por la solidificacion de esta masa fluida; y si, como Fourier dice, las capas superficiales son las primeras que se han enfriado y solidificado al emitir sus rayos hácia los espacios celestes, las partes mas próximas al centro deben haber conservado su fluidez é incandescencia primitivas. Durante largo tiempo este calórico interno ha atravesado la corteza así formada, para perderse al cabo en el espacio; y luego vino otro período de equilibrio estable en la temperatura del

globo, de suerte que á partir de la superficie, el calórico debe ir creciendo gradualmente hácia el centro. Este aumento de calórico se halla establecido de una manera irrecusable, al menos hasta una gran profundidad, por la temperatura de las aguas que brotan de los pozos artesianos, por la de las rocas que se esplotan en las minas profundas, y sobre todo por la actividad volcánica de la Tierra, es decir, por la erupcion de las masas en liquefaccion que arroja de su seno. Segun inducciones fundadas á la verdad sobre simples analogías, es altamente probable que este aumento de calórico se propague hasta el centro.

En la ignorancia completa en que estamos acerca de la naturaleza de los materiales de que está formado el interior de la Tierra; de los diversos grados de capacidad para el calórico y de conductibilidad de las capas superpuestas; y por último, de las trasformaciones químicas que las materias sólidas ó líquidas deben esperimentar bajo la influencia de una presion enorme, no podemos aplicar á nuestro planeta sin reserva las leyes de la propagacion del calórico que ha descubierto un profundo geómetra para un esféroide homogéneo de metal, ayudado de una análisis que él mismo habia creado (37). Ya nuestro espíritu llega, aunque con trabajo, á representarse el límite que separa la masa líquida interior, de las capas sólidas de que se compone la corteza terrestre, ó sea la gradacion insensible en cuya virtud pasan las capas, de la solidificacion completa á la semi-fluidez de las sustancias terrestres reblandecidas, aunque no en fusion todavía. Las leyes conocidas de la hidráulica no pueden aplicarse á este estado intermedio sin grandes restricciones. La atraccion del Sol y de la Luna, que levanta las aguas del Océano y produce las mareas, debe hacerse sentir tambien bajo la bóveda formada por las capas solidificadas, produciendo indudablemente en la masa fundida un reflujo, una variacion periódica de la presion que soporta la bóveda. Sin embargo,

estas oscilaciones deben de ser muy pequeñas, y no podemos atribuir á ellas, sino á fuerzas interiores mas poderosas, los temblores de tierra. Por donde se ve, que existen séries enteras de fenómenos cuya débil influencia apenas podríamos determinar numéricamente, pero que es útil señalar, á fin de establecer las grandes leyes de la naturaleza en toda su generalidad y hasta en los menores detalles.

Segun esperiencias, bastante contestes entre sí, á que se ha sometido el agua de diferentes pozos artesianos, parece que por término medio la temperatura de la corteza terrestre se aumenta á medida que se va profundizando en sentido vertical á razon de 1° del termómetro centígrado por 30 metros. Si se aplicase esta ley á todas las profundidades, una capa de granito no llegaria al estado de plena fusion, sino á mas de 4 miriámetros debajo de tierra (4 ó 5 veces la altura del mas alto vértice del Himalaya) (38).

El calórico se propaga en el globo terrestre de tres maneras diferentes. El primer movimiento es periódico y hace variar la temperatura de las capas terrestres á medida que el calórico, segun las estaciones y la posicion del Sol, penetre de alto á bajo, ó se estienda de abajo á arriba, tomando la misma senda, aunque en sentido inverso. El segundo movimiento, que resulta tambien de la accion solar, es de una escesiva lentitud: una parte del calórico que penetra por las capas ecuatoriales, se mueve en el interior de la corteza terrestre hasta casi los polos; allí se desvía de su direccion, sale á la atmósfera y va á perderse en las apartadas regiones del espacio. El tercer modo de propagacion es el mas lento de todos, y consiste en el enfriamiento secular del globo, es decir, en la pérdida de aquella débil parte de calórico primitivo que actualmente se trasmite á la superficie. En la época de las mas antiguas revoluciones de la Tierra, esta pérdida del calor central ha debido ser considerable; pero ha ido tan á menos desde los tiempos históri-

cos, que escapa casi á los instrumentos termométricos. La superficie de la Tierra se encuentra por lo tanto colocada entre la incandescencia de las capas interiores, y la baja temperatura de los espacios celestes, que probablemente es inferior al punto de congelacion del mercurio.

Las variaciones periódicas que la situacion del Sol y los fenómenos meteorológicos producen en la temperatura de la superficie, no se propagan al interior de la Tierra sino hasta muy cortas profundidades. Esta lenta trasmision del calórico á traves del suelo disminuye la pérdida que esperimenta en el invierno, y es favorable á los árboles de hondas raices. Los puntos situados á diferentes profundidades sobre una misma linea vertical, alcanzan asi, en épocas muy diferentes, el máximun y el mínimun de la temperatura que les corresponde; y cuanto mas se alejan de la superficie menor es en ellos la diferencia de sus dos estremos. En la region templada que nosotros habitamos (latitud 48°-52°), la capa de temperatura invariable se encuentra á una profundidad de 24 á 27 metros; hácia la mitad de ella las oscilaciones que el termómetro esperimenta á consecuencia de las alternativas de las estaciones, valen á penas medio grado. Bajo los trópicos, la capa invariable se encuentra ya á 1 pie debajo de la superficie, circunstancia de que Boussingault ha sacado partido para determinar de una manera sencilla y á su juicio muy segura, la temperatura media de la atmósfera local (39). Puede considerarse esta temperatura media de la atmósfera en un punto dado de la superficie, ó mejor dicho, en un grupo de puntos cercanos, como el elemento fundamental que determina en cada region la naturaleza del clima y de la vegetacion. Pero la temperatura media de toda la superficie es muy diferente de la del mismo globo terrestre. Se pregunta frecuentemente si el curso de los siglos ha modificado sensiblemente esta media temperatura del globo; si el clima de

una region se ha deteriorado; si el invierno se ha hecho en ella mas dulce, y el estio menos cálido. El termómetro es el único medio de resolver cuestiones semejantes, y su descubrimiento apenas se remonta á dos siglos y medio; y casi no ha sido aplicado de una manera racional hasta hace ciento veinte años. La naturaleza y la novedad del medio restrigen asi considerablemente el campo de nuestras investigaciones acerca de las temperaturas atmosféricas. No sucede lo mismo cuando se trata del calor central de la Tierra. Asi como de la igualdad en la duracion de las oscilaciones de un péndulo puede deducirse la invariabilidad de su temperatura, asi tambien la constancia de la velocidad de rotacion que anima al globo terrestre, nos dá la medida de la estabilidad de su temperatura media. El descubrimiento de esta relacion entre la *duracion del dia y el calor del globo*, es ciertamente una de las mas brillantes aplicaciones que han podido hacerse de un largo conocimiento de los movimientos celestes, al estudio del estado térmico de nuestro planeta. Se sabe que la velocidad de rotacion de la Tierra depende de su volúmen; enfriándose la masa de la Tierra por medio de la irradiacion, debe disminuir su volúmen; por consiguiente todo decrecimiento de temperatura, corresponde á un aumento de la velocidad de rotacion, es decir, á una disminucion en la duracion del dia. Ahora bien, teniendo en cuenta las desigualdades seculares del movimiento de la Luna, en el cálculo de los eclipses observados en las épocas mas remotas, se encuentra que desde el tiempo de Hiparco, es decir, dos mil años há, la duracion del dia no ha disminuido ciertamente ni aun la centésima parte de un segundo. Puede afirmarse sin salir de estos mismos límites, que la temperatura media del globo terrestre no ha variado en $^1/_{170}$ de grado, desde dos mil años acá (40).

Esta invariabilidad en las dimensiones, supone una invariabilidad igual en la distribucion de la densidad por el

interior de la Tierra; de donde resulta, que la formacion de los volcanes actuales, su erupcion de lavas ferruginosas, y el transporte de las pesadas masas de piedras que han rellenado las hendiduras y las grietas, no producen, en realidad, sino insignificantes modificaciones, meros accidentes superficiales, cuyas dimensiones se desvanecen cuando se las compara á las del globo.

Las consideraciones precedentes acerca del calórico interno de nuestro planeta descansan casi esclusivamente en los resultados de las magnificas investigaciones de Fourier. Poisson ha suscitado ciertas dudas sobre la realidad de este crecimiento contínuo del calórico terrestre desde la superficie del globo hasta su centro; segun él, no hay calórico que no haya penetrado de lo esterior á lo interior; y el que no proviene del Sol depende de la temperatura, ó muy alta ó muy baja, de los espacios celestes que atraviesa el sistema solar en su movimiento de traslacion. Por mas que esta hipótesis se haya emitido por uno de los mas profundos geómetras de nuestra época, no ha podido satisfacer ni á los físicos ni á los geólogos. Pero cualquiera que sea el orígen del calor interno de nuestro planeta, cualquiera que sea la causa de su crecimiento, limitado ó ilimitado hácia el centro, siempre resulta que la conexion íntima de todos los fenómenos primordiales de la materia, y el lazo oculto que une entre sí á las fuerzas moleculares, nos inducen á referir al calórico central del globo los misteriosos fenómenos del *magnetismo terrestre*. En efecto, el magnetismo terrestre, cuyo carácter principal es el de presentar en su triple modo de accion una continuidad de variaciones periódicas, debe atribuirse á la desigualdad de la temperatura del globo (41), ó á las corrientes galvánicas que consideramos como electricidad movida en un círculo cerrado (42). La misteriosa direccion de la aguja imantada depende á la vez del tiempo y del espacio, del curso del Sol y de la posicion

geográfica. Por la aguja imantada puede saberse la hora que es del dia, lo mismo que bajo los trópicos por las oscilaciones del barómetro. Las auroras boreales, resplandores rogizos que coloran el cielo de nuestras regiones árticas, ejercen tambien sobre la aguja una accion pasajera, pero inmediata. Cuando el movimiento horario de la aguja se vé turbado por una *tempestad magnética*, acontece con frecuencia que la perturbacion se manifiesta simultáneamente, asi como suena, en la tierra y en el mar, á centenares y millares de leguas, ó bien se propaga en todos sentidos por la superficie del globo, de una manera sucesiva y con cortos intervalos de tiempo. (43). En el primer caso, la simultaneidad de los fenómenos podria servir para determinar las longitudes geográficas, lo mismo que los eclipses de los satélites de Júpiter, las señales de fuego y las estrellas errantes convenientemente observadas. Es cosa verdaderamente admirable, que los movimientos irregulares de dos pequeñas agujas imantadas pueden revelarnos la distancia que las separa, aunque se las suspenda bajo tierra á grandes profundidades, y enseñarnos por ejemplo, á qué distancia del Oriente de Gœtinga ó de Paris, se encuentra Casan. Existen regiones en el globo en que los navegantes, envueltos de nieblas espesas durante muchos dias, se ven privados con frecuencia de los medios astronómicos que sirven para determinar la hora, y la posicion del buque: la inclinacion de la aguja les indicaria entonces con exactitud si se hallan al Norte ó Sud del puerto á donde deben arribar (44).

Pero cuando la súbita perturbacion del movimiento horario de la aguja anuncia y prueba la existencia de una tempestad magnética, es preciso confesar que ignoramos aun el lugar donde reside la causa perturbadora: ¿será en la corteza terrestre, ó en las regiones superiores de la atmósfera? Por desgracia la cuestion aun no está resuelta en

la actualidad. Si se considera la tierra como un verdadero iman, es preciso entonces atribuirle, segun la espresion de Federico Gauss, célebre fundador de una teoría general del magnetismo terrestre, la fuerza magnética de una barra imantada, de una libra de peso, por cada octavo de metro cúbico (45). Si es cierto que el hierro, el nikel y probablemente el cobalto (pero no el cromo (46) como por largo tiempo se ha creido), son las únicas sustancias que pueden conservar de una manera durable las propiedades magnéticas, en virtud de cierta fuerza coercitiva, no es menos cierto por otra parte, que todas las sustancias terrestres pueden llegar á ser *pasageramente* magnéticas, como lo prueba el magnetismo de rotacion de Arago y las corrientes de induccion de Faraday. El primero de estos dos físicos ilustres, ha demostrado que el agua, el hielo, (47) el vidrio, el carbon y el mercurio, ejercen alguna influencia en las oscilaciones de la aguja imantada; y apenas hay sustancia que no presente cierto grado de imantacion cuando sirve de conductor, es decir, cuando por ella atraviesa una corriente de electricidad.

Parece que los pueblos occidentales conocieron desde muy antiguo la fuerza de atraccion de los imanes naturales; y es por lo mismo hecho bien notable, que solo los pueblos de la estremidad oriental del Asia, los Chinos, conociesen la accion reguladora que el globo terrestre ejerce sobre la aguja imantada. Mas de mil años antes de nuestra era, en la época tan oscura de Codro y de la vuelta de los Heraclides al Peloponeso, los Chinos tenian ya *balanzas magnéticas*, uno de cuyos brazos llevaba una figura humana que indicaba constantemente el Sud; y se servian de esta brújula para caminar á través de las inmensas estepas de la Tartaria. Ya en el siglo III de nuestra era, es decir, setecientos años por lo menos antes de la introduccion de la brújula en los mares europeos, los barcos chinos navegaban

por el Océano Indico (48), segun la indicacion magnética del Sud. He demostrado en otra obra cuánta superioridad (49) daba á los geógrafos chinos el conocimiento y el empleo de la aguja imantada en épocas tan remotas, sobre los geógrafos griegos y romanos, que ignoraron siempre, por ejemplo, la verdadera direccion de los Apeninos y de los Pirineos.

La fuerza magnética de nuestro planeta se manifiesta en la superficie por tres clases de fenómenos, uno de los cuales corresponde á la *intensidad* variable de la fuerza misma, mientras que los otros dos comprenden los hechos relativos á su direccion variable, es decir, la *inclinacion* y la *declinacion*; este último ángulo se cuenta en cada lugar en el sentido horizontal, á partir del meridiano terrestre. El efecto completo que el magnetismo produce en lo esterior, puede tambien representarse gráficamente por medio de tres sistemas de líneas, á saber: las líneas *isodinámicas*, las líneas *isoclínicas*, y las líneas *isogónicas*; ó en otros términos: las líneas de igual intensidad, de igual inclinacion y de igual declinacion. La distancia y la posicion relativa de estas líneas no permanecen siempre las mismas, sino que están sometidas á continuas desviaciones oscilatorias. Sin embargo, hay en la superficie del globo, ciertos puntos (50) tales como la parte occidental de las Antillas y el Spitzberg, donde la declinacion de la aguja imantada, no varía, ó si varía, es en cantidades apenas sensibles en el curso de todo un siglo. De la misma manera, si por consecuencia de su movimiento secular llegan algunas líneas isogónicas á pasar de la superficie del mar, sobre un continente ó sobre una isla un tanto considerable, se detienen allí largo tiempo y se doblan á medida que avanzan mas allá.

Estos cambios sucesivos y modificaciones desiguales de las declinaciones orientales y occidentales, complican las representaciones gráficas que corresponden á siglos diferen-

tes, é impiden reconocer fácilmente en ellos las relaciones y analogías de las formas. Ramal hay de ciertas curvas, que tiene una historia totalmente particular; pero entre los pueblos occidentales esta historia no se remonta á mas allá de la época memorable (13 de set. de 1492) en que el grande hombre que hizo el segundo descubrimiento del Nuevo-Mundo, reconoció una línea sin declinacion como á los 3° al Oeste del meridiano de una de las Azores, la isla de Flores (51). Esceptuando una pequeña parte de la Rusia, todo el resto de Europa tiene ahora una declinacion occidental, mientras que á fines del siglo XVII (en Lóndres 1657 y en 1665 en París), la aguja se dirigia exactamente hácia el polo: donde es de notar que á pesar de la pequeña distancia á que se hallan entre sí estas dos capitales, la diferencia de las dos épocas fué doce años. Dos escelentes observadores, Hansteen y Adolfo Erman, han señalado el admirable fenómeno que presentan las líneas de igual declinacion en las vastas regiones del Asia septentrional: cóncavas hácia el polo entre Obdorff del Obi y Turuchansk, son convexas entre el lago Baikal y el mar Ochotsk. En estas regiones del norte del Asia oriental, entre la cadena de Werchojansk, Jakoutsk y la Corea septentrional, las líneas isogónicas forman un sistema particular muy notable, cuya forma ovalada (52) se reproduce en escala mas estensa en el mar del Sud, casi bajo el meridiano de Pitcairn y del archipiélago de las Marquesas, entre los 20° de latitud boreal y 45° de latitud austral. Podrian atribuirse estos sistemas aislados, cerrados por todas partes y formados de curvas casi concéntricas, á propiedades locales del globo terrestre; pero si tales sistemas, en apariencia aislados, deben esperimentar desviaciones tambien en el trascurso de los siglos, deduciremos en conclusion que estos fenómenos, como todos los grandes hechos naturales, se refieren á causas mucho mas generales.

Las variaciones horarias de la declinacion dependen del tiempo verdadero; están reguladas por el Sol mientras luce sobre el horizonte, y decrecen en valor angular con la latitud magnética. Cerca del Ecuador, por ejemplo, en la isla de Rawak, son apenas de tres á cuatro minutos, mientras que suben hasta trece ó catorce en la Europa central. Ahora bien; como desde las ocho y media de la mañana hasta la una y media de la tarde, por término medio, la estremidad boreal de la aguja se dirige del Este al Oeste en el hemisferio septentrional y del Oeste al Este en el hemisferio austral, se ha supuesto con razon (53) que debe haber en la Tierra una region situada probablemente entre el Ecuador terrestre y el Ecuador magnético, en la cual la variacion horaria de la declinacion sea nula completamente. Esta última curva, no hallada todavía, podría llamarse *línea sin variacion horaria de la declinacion*.

Así como se ha dado el nombre de *polos magnéticos* á los puntos de la superficie de la Tierra en que desaparece la fuerza horizontal, puntos cuya importancia por otra parte se ha exagerado mucho, (54) de igual manera se llama *Ecuador magnético*, la curva formada por los puntos en que la inclinacion de la aguja es nula. La posicion de esta línea y sus cambios seculares de forma han sido en nuestros dias objeto de sérias investigaciones. Segun los escelentes trabajos de Duperrey (55) que ha atravesado el Ecuador magnético en seis ocasiones diferentes desde 1822 á 1825, los nodos de los dos Ecuadores, es decir, los dos puntos en que la *línea sin inclinacion* corta el Ecuador terrestre, pasando de uno á otro hemisferio, están colocados de una manera poco regular: en 1825, el nodo que estaba cerca de la isla de Santo-Tomás hácia la costa occidental de Africa, se hallaba á 188° $^1/_2$ del nodo situado en el mar del Sud, junto á las pequeñas islas de Gilberto, casi bajo el meridiano del archipiélago de Vití. A principios de este siglo, he determinado

yo astronómicamente á 3600 metros bajo el nivel del mar, el punto (7° 1′ lat. aust. y 80° 54′ long. occid.) en que el Ecuador magnético corta la cadena de los Andes entre Quito y Lima. Al Oeste de este punto, el Ecuador magnético atraviesa casi todo el mar del Sud en el hemisferio austral y se aproxima lentamente al Ecuador terrestre. Poco antes de llegar al archipiélago Indio, pasa al hemisferio septentrional, toca únicamente las estremidades meridionales del Asia, y penetra en seguida en el continente africano al Oeste de Socotora, hácia el estrecho de Bab-el-Mandeb, siendo entonces cuando se separa mas del Ecuador terrestre. Despues de haber atravesado las regiones desconocidas del interior del continente africano en direccion al Sud-Oeste, el Ecuador magnético vuelve á la zona austral de los trópicos hácia el Golfo de Guinea, separándose entonces de tal modo del Ecuador terrestre, que va á cortar la costa brasileña hácia Os Ilheos, al norte de Porto-Seguro, á los 15° de latitud austral. Desde allí á las mesetas elevadas de las cordilleras, en que he podido observar la inclinacion de la aguja, entre las minas de plata de Micuipampa y la antigua residencia de los Incas, Caxamarca, recorre toda la América del Sud; vasta region, que por aquellas latitudes es aun para nosotros una *terra incógnita*, magnética, como el Africa Central.

Por recientes observaciones, recogidas y discutidas por Sabine (56), sabemos que desde 1825 á 1837 el nodo de la isla de Santo Tomás se ha adelantado 4° de Oriente á Occidente. Seria de suma importancia averiguar si el otro nodo, situado en el mar del Sud, hácia las islas de Gilberto, ha retrocedido al Oeste otro tanto, aproximándose al meridiano de las Carolinas. Bastan estas consideraciones generales para hacernos ver, cómo los diferentes sistemas de líneas isoclínicas se ligan á la gran línea sin inclinacion, cuyas variaciones de forma y posicion cambian las latitu-

des magnéticas, é influyen tambien sobre la inclinacion de la aguja, hasta en las mas apartadas regiones (57); y cómo además por una favorable distribucion de las tierras y de los mares, los $^4/_5$ del Ecuador magnético están situados sobre el Océano, circunstancia ventajosa para el estudio del magnetismo terrestre, atento á que ya poseemos los medios de medir en el mar con la mayor exactitud la inclinacion y la declinacion de la aguja inmantada.

Espuesta ya la distribucion del magnetismo por la superficie del globo, bajo el doble punto de vista de la declinacion y de la inclinacion de la aguja imantada, réstanos aun considerarla con relacion á la intensidad de la fuerza misma; intensidad que las líneas isodinámicas están destinadas á representar gráficamente. El vivo y universal interés que inspiran hoy el estudio y la medida de esta fuerza por el método de las oscilaciones de una aguja vertical ú horizontal, apenas data desde principios de este siglo; pero merced á los adelantos de la óptica y de la cronometría, este género de medida excede en exactitud á todas las demás determinaciones magnéticas; y si bien es cierto que las líneas isogónicas son mas importantes para el navegante y para el piloto, no lo es menos que las isodinámicas ó de igual intensidad, son las que prometen hoy mas fecundos resultados (58). El primer hecho comprobado por las medidas directas, es que la intensidad total decrece del ecuador hácia el polo (59); y si conocemos actualmente la ley que sigue esta disminucion de intensidad, y la distribución geográfica de todos los términos de que se compone, lo debemos, sobre todo desde 1819 acá, á la infatigable actividad de Eduardo Sabine: el cual, despues de haber observado las oscilaciones de la aguja en el polo norte americano, en la Groenlandia, en Spitzberg, y en las costas de la Guinea y del Brasil, siempre con los mismos aparatos, se ha ocupado tambien en reunir y coor-

dinar todos los documentos que pueden esclarecer la gran cuestion de las líneas isodinámicas. Por lo que á mí toca, he hecho para una pequeña parte de la América del Sud, el primer ensayo de un sistema isodinámico dividido por zonas. Estas líneas no son paralelas á las isodinámicas ó de igual inclinacion, pues dista mucho de ser cierto que el mínimum de intensidad de la fuerza magnética se halle en el ecuador, como se creyó al principio, ni es uniforme esta fuerza en parte ninguna. Comparando las observaciones de Erman en la parte meridional del Océano Atlántico, donde se encuentra una zona de débil intensidad (0,706) que va desde Angola por la isla de Santa Elena hasta las costas del Brasil, con las últimas observaciones del gran navegante James Clark Ross junto al Cabo de Crocier, resulta que la fuerza magnética se aumenta casi en razon de 1 á 3 hácia el polo magnético austral (polo situado en la tierra de Victoria al Oeste del volcan Erebo, cuyo nevado vértice se eleva á 3800 metros sobre el nivel del mar) (60). En efecto, la mayor intensidad magnética evaluada hasta ahora es de 2,052 (la unidad adoptada para este género de evaluacion es la intensidad determinada por mí en el Perú sobre el ecuador magnético); Sabine ha hallado que en el polo magnético norte, cerca de las islas de Melville, á los 74°27' de latitud septentrional, es solo de 1,624, al paso que en New-York, es decir, bajo la misma latitud de Nápoles, asciende á 1,803.

Los brillantes descubrimientos de Oersted, Arago y Faraday demuestran que existe una relacion íntima entre la tension eléctrica de la atmósfera y la tension magnética del globo terrestre. Segun Oersted, el conductor queda imantado por la corriente eléctrica que le atraviesa; y segun Faraday, del magnetismo nacen por induccion corrientes eléctricas. El magnetismo, pues, no es otra cosa que una de las formas múltiples bajo las cuales puede ma-

nifestarse la electricidad; y estaba reservado á nuestra época el probar la identidad de las fuerzas eléctricas y magnéticas, presentidas ya confusamente desde los tiempos mas remotos. «Cuando el ámbar (*electrum*), dice Plinio siguiendo á Tales y á la escuela jónica (61), se halla *animado* por el ludimiento y el calórico, atrae los fragmentos de corcho y de hojas secas, como el iman al hierro.» Esta misma idea se encuentra en los anales científicos de un pueblo que ocupa la estremidad oriental del Asia, y el físico chino Kuopho la ha reproducido en los mismos términos en su elogio del iman (62). Con gran sorpresa mia, he reconocido que los salvajes de las orillas del Orinoco, una de las razas mas degradadas del orbe, saben producir la electricidad por medio del ludimiento; los niños de esas tribus salvajes se entretenian en frotar los granos aplanados, secos y brillantes de una planta trepadora silicuosa (probablemente la *negritia*), hasta que conseguian atraer con ellos hebras de algodon ó briznas de cañas. Para aquellos salvajes de tez cobriza, eso era simplemente un juego de niños; pero para nosotros, ¡qué asunto de graves reflexiones! Entre aquellos juegos eléctricos de los salvajes, y nuestros pararayos, nuestras pilas voltaicas y nuestros chispeantes aparatos magnéticos, hay un abismo insondable que han escavado miles de años de progreso y de desarrollo intelectual.

Cuando reflexionamos sobre la perpétua movilidad de los fenómenos del magnetismo terrestre; cuando vemos que la intensidad, la inclinacion y la declinacion varian á la par con las horas del dia y de la noche, con las estaciones, y aun con el número de años trascurridos, no podemos menos de creer que las corrientes eléctricas de que dependen estos fenómenos, forman sistemas parciales muy complejos en el interior de la corteza de nuestro planeta. Pero ¿cuál es el orígen de estas corrientes? ¿Serán como en los

esperimentos de Seebeck, simples corrientes termo-eléctricas producidas por la desigual distribucion del calórico, ó mas bien, corrientes de induccion, nacidas de la accion calorífica del Sol (63)? ¿Concederemos cierta influencia en la distribucion de las fuerzas magnéticas al movimiento de rotacion de la Tierra, y á la diferente velocidad de las zonas segun su mayor ó menor distancia al Ecuador? ¿Existirá quizás algun centro de accion magnética en los espacios interplanetarios, ó en cierta polaridad del Sol y de la Luna? Estas últimas hipótesis nos recuerdan que Galileo en su célebre *Diálogo*, esplica la direccion constante del eje de la Tierra por medio de un centro de accion magnética situado en los espacios celestes.

Si nos representamos el interior del globo terrestre como una masa mantenida en el estado de liquefaccion por un calor enorme, preciso es que renunciemos á la hipótesis del núcleo magnético que han supuesto en la Tierra algunos físicos para esplicar estos fenómenos.

Sin embargo, el magnetismo no desaparece completamente sino á la temperatura del blanco (64), y el hierro conserva todavía vestigios, mientras su temperatura no pasa del rojo oscuro; de donde resulta que sean cuales fueren, por otra parte, las modificaciones del estado molecular de los cuerpos en estos esperimentos, y por consiguiente de su fuerza de cohesion, siempre quedará una buena porcion del espesor en la corteza terrestre, en donde poder buscar el asiento de las corrientes magnéticas. Atribuianse en otro tiempo las variaciones horarias de la declinacion al calentamiento progresivo de la Tierra bajo la influencia del movimiento diurno aparente del Sol; pero esta accion interesa solamente la capa mas superficial, pues se halla demostrado por observaciones hechas cuidadosamente en varios puntos del globo, valiéndose de termómetros colocados debajo de tierra á diferentes profundidades, que el calor solar penetra

tan solo á algunos pies, y con estremada lentitud. Por otra parte, el citado término de la superficie del mar, que forma los $^{2}/_{3}$ de la de todo el globo, difícilmente se conciliará con esta teoría mientras se trate de una accion inmediata, y no de una accion de induccion ejercida por las capas de aire ó de vapores acuosos de la atmósfera.

En el estado actual de nuestros conocimientos tenemos, pues, que resolvernos á ignorar las últimas causas físicas de estos complicados fenómenos; que si la ciencia ha hecho de algun tiempo acá brillantes progresos, es bajo otro aspecto muy diferente, ya determinando numéricamente los valores medios de cuanto puede ser sometido á las medidas de tiempo y de espacio, ya dirigiendo todos sus esfuerzos á distinguir lo que hay de constante y regular en el fondo de esas variables apariencias. De Toronto, en el alto Canadá, hasta el Cabo de Buena-Esperanza y la tierra de Van-Diemen, y de París á Pekin se halla el globo cubierto de *Observatorios magnéticos*, en los cuales se espía sin cesar desde 1828, por medio de observaciones simultáneas, toda manifestacion regular ó irregular de magnetismo terrestre, (65) y se calculan hasta las variaciones de $^{1}/_{40{,}000}$ en la intensidad total. En ciertas épocas del año duran las observaciones veinticuatro horas consecutivas, con intérvalos de dos minutos y medio. Un ilustre astrónomo inglés ha calculado que en el espacio de tres años ascenderán á 1.958.000 las observaciones que habrán de discutirse. Nunca se han intentado esfuerzos mas grandiosos y admirables con el objeto de arrancar á la Naturaleza el secreto de una de sus grandes leyes. Todo induce á creer que comparando estas leyes con las que reinan en nuestra atmósfera ó en regiones aun mas apartadas, nos será dado remontarnos hasta la fuente misma de las manifestaciones magnéticas. Desde luego podemos ya vanagloriarnos, á lo menos por el número y la importancia de los medios que se

han puesto en juego para conseguir el fin; pero pretender por ello que la teoría magnética nada deja ya que desear, sería intento tan descabellado como el de aquellos que tienen en cuenta solo los hechos favorables á sus especulaciones (66).

Intimas relaciones existen entre el magnetismo del globo y las fuerzas electro-dinámicas valuadas por Ampere (67), de una parte, y la produccion de la luz polar y del calórico de nuestro planeta, de otra, advirtiendo que los polos magnéticos de la Tierra se consideran como polos de frio (68). Hace mas de 128 años, Halley sospechaba que las auroras boreales podrian ser muy bien simples fenómenos magnéticos (69): hoy esta vaga sospecha ha adquirido el valor de la certidumbre esperimental, despues que el brillante descubrimiento de Faraday nos ha hecho ver que la luz puede producirse por la sola accion de las fuerzas magnéticas.

Hay ciertos fenómenos precursores de la aurora boreal: ya durante el dia que precede á la aparicion nocturna, la marcha irregular de la aguja imantada anuncia una perturbacion en el equilibrio de las fuerzas magnéticas terrestres. Cuando esta perturbacion alcanza su mas enérgico grado de desarrollo, el equilibrio roto se restablece por medio de una descarga acompañada de luz. «La aurora boreal no debe ser considerada como causa esterior de la perturbacion, sino como resultado de una actividad terrestre, cuyo poder alcanza á producir fenómenos luminosos, y que se manifiesta así, de un lado, por esta produccion de luz, y de otro, por las oscilaciones de la aguja imantada» (70). La aparicion de la aurora boreal es el acto que pone fin á una *tempestad magnética*, asi como en las tempestades eléctricas otro fenómeno luminoso, el relámpago, anuncia que el equilibrio momentáneamente alterado en la distribucion de la electricidad, llega al cabo á restablecerse. La tempestad

eléctrica está ordinariamente circunscrita á un pequeño espacio, fuera del cual no se altera el estado eléctrico general atmosférico. La tempestad magnética, por el contrario, estiende su influencia á una gran parte de los continentes, y deja sentir su accion (descubrimiento que tambien debemos á Arago) mucho mas allá de los lugares en que ha sido visible el fenómeno luminoso. No siempre que el cielo se cubre de nubes tempestuosas, ó que la atmósfera pasa con frecuencia de un estado eléctrico al opuesto, acontece que las descargas se manifiesten por medio de relámpagos. De igual manera pueden las tempestades magnéticas causar grandes perturbaciones en la marcha horaria de la aguja imantada, sin que el equilibrio haya de restablecerse desde el polo al Ecuador, ó aun del uno al otro polo, *necesariamente* por medio de la produccion de efluvios luminosos.

Para reunir en un solo cuadro todos los rasgos característicos de este fenómeno, conviene ante todo describir el nacimiento, y despues las diversas fases de una aurora boreal completamente desarrollada. Hácia el meridiano magnético del lugar en que se ha de realizar el fenómeno, el cielo, antes puro y sereno, empieza á encapotarse por el horizonte, formándose en él una especie de velo nebuloso que sube lentamente hasta llegar por último á una altura de 8 ó 10 grados; por entre este segmento oscuro, cuyo color pasa del negruzco al violado, se divisan las estrellas como á través de una espesa niebla. Otro arco mas ancho, pero de brillante luz, al principio blanco y despues amarillo, limita el segmento oscuro; pero como este arco luminoso aparece despues que el segmento, es imposible atribuir la presencia de este último, segun ha notado Argelander, á un simple efecto de contraste con el arco brillante (71). Medidas exactas han demostrado que el punto mas alto del arco luminoso no está situado en el meridiano magnético, sino que antes bien se aparta de él por lo comun

de 5 á 18° por el mismo lado hácia el cual se dirige en aquel paraje la declinacion magnética (72). Bajo las mas altas latitudes, en las regiones inmediatas al polo magnético, el segmento inferior aparece menos oscuro, y el medio del arco brillante se aleja mas del meridiano magnético que en otra region cualquiera.

A las veces, el arco luminoso parece agitado durante horas enteras, por una especie de efervescencia y por un cambio contínuo de forma, antes de comenzar á despedir los rayos y columnas de luz que suben hasta el zénit. Cuanto mas intensa es la emision de la luz polar, mas vivos son sus colores, que pasan del violado y el blanco azulado al verde y rojo purpurino, por todas las tintas intermedias. Lo mismo sucede con las chispas eléctricas, que no se coloran sino cuando la tension es fuerte y la esplosion violenta. Las columnas de luz salen, al parecer, del arco brillante, mezcladas con rayos negruzcos que semejan una espesa humareda; ó bien se elevan simultáneamente en diferentes puntos del horizonte, confundiéndose en un mar de fuego cuya magnificencia no podría espresar pintura alguna, porque á cada instante hacen variar su forma y brillo rápidas ondulaciones. Es tal en ciertos momentos la intensidad de esta luz, que Lowenœrn pudo reconocer en pleno dia, el 29 de Enero de 1786, los cambios luminosos y ondulaciones de la aurora boreal. En efecto, parece que el movimiento acrecienta la visibilidad del fenómeno. Alrededor del punto del cielo que corresponde á la direccion de la aguja libremente suspendida por su centro de gravedad, los rayos producen, reuniéndose, lo que se llama la *corona* de la aurora boreal, y es una especie de dosel celeste formado por una luz suave y apacible. Pocas veces la aparicion llega á ser tan completa, que se prolongue hasta la formacion de la corona; pero cuando ésta se presenta, anuncia siempre el fin del fenómeno. Los rayos son entonces mas raros, mas cortos, y

de colores menos vivos, hasta que la corona y los arcos luminosos se disuelven, no viéndose ya en la bóveda celeste sino algunas estensas manchas nebulosas inmóviles, pálidas ó de color ceniciento, que al cabo desaparecen, si bien persisten aun durante algun tiempo en el horizonte los vestigios del segmento oscuro por donde la aparicion tuvo principio. Por último, de todo este magnífico espectáculo no queda generalmente mas que una débil nube blanquecina, de recortados bordes, ó dividida en pequeñas porciones como los *cirro cumuli*.

La relacion que al parecer existe entre la luz polar y la aparicion de cierta especie de nubes, nos enseña que la produccion de la luz electro-magnética es una simple fase de un fenómeno *meteorológico*, cual si el magnetismo terrestre obrase sobre la atmósfera condensando los vapores que en ella se encuentran disueltos. Thieneman llegó hasta creer que estas nubes aborregadas eran el *substratum* de la luz polar, y sus observaciones de Islandia han sido plenamente confirmadas por las mas recientes de Franklin y Richardson en el polo Norte americano, y por las del almirante Wrangel en las costas sibéricas del mar Glacial. Todos han afirmado que «la luz polar emitia sus rayos mas vivos, cuando las altas regiones del aire contenian grupos de *cirro strati* bastante ténues y muy ligeros para dar nacimiento á un cerco alrededor de la Luna.» A las veces se agrupan y se colocan las nubes en pleno dia, como los rayos de una aurora boreal con corta diferencia, y entonces producen perturbacion en la aguja imantada. Despues de una brillante aurora boreal, se han reconocido á la mañana siguiente regueros de nubes que durante la noche semejaban otros tantos rayos luminosos (73). Algunas fajas polares ó convergentes, es decir, grupos de nubes dispuestas en el sentido del meridiano magnético, han fijado mi atencion en muchas ocasiones durante mi viaje á Méjico y al Asia Septentrional. Ne-

cesario es colocar estas apariciones entre los fenómenos diversos que acabo de citar (74).

Suelen verse con bastante frecuencia *auroras australes* en nuestros climas (Danton observó muchas en Inglaterra), asi como se ven *auroras boreales* entre los trópicos, en Méjico, por ejemplo, en el Perú, y aun hasta los 45° de latitud austral (el 14 de enero de 1831); y no es raro que el equilibrio magnético se turbe simultáneamente hácia uno y otro polo. Como quiera que sea, el aspecto del fenómeno depende siempre de la posicion del observador, y cada cual ve su aurora boreal, asi como cada cual ve tambien diferente su arco iris. Es necesario distinguir la zona terrestre en que la aparicion luminosa es simultáneamente visible en todas partes desde que se presenta, y las regiones mucho menos estensas en que se reproduce casi todas las noches. Una misma aurora boreal ha sido frecuentemente observada á la propia hora en Inglaterra y en Pensilvania, en Roma y en Pekin; salvo que la frecuencia de estas apariciones disminuye con la latitud magnética, ó en otros términos, decrece á medida que el observador se aleja, no del polo terrestre, sino del magnético. Mientras que en Italia una aurora boreal es fenómeno muy raro, obsérvase muy á menudo por el contrario, en América, en el paralelo de Filadelfia (39° 57′ lat. sept.), porque estas regiones están menos distantes del polo magnético. En Irlanda, Groenlandia, Terra-Nova, á orillas del lago del Esclavo y en Fort-Entreprise en el alto Canadá, el cielo se ilumina todas las noches en ciertas épocas del año con resplandores movibles, que como dicen los habitantes de las islas de Shetland, forman «una alegre danza» (75). En estas regiones en que el fenómeno se reproduce con frecuencia estraordinaria, existen ciertas zonas que mas bien podian llamarse vetas, en las cuales son mas brillantes que en cualquiera otra parte las auroras, merced sin duda á de-

terminadas influencias locales (76). Wrangel veia disminuir su brillo á medida que se alejaba del litoral del mar Glacial hácia Nijné-Kolymsk. Las auroras boreales, por último, no son ni mas vivas ni mas frecuentes en el mismo polo magnético, sino á cierta distancia de dicho punto; asi al menos se desprende de los datos recogidos en las espediciones polares.

Por lo tocante á la altura absoluta de las auroras boreales, cuanto sabemos, descansa sobre medidas angulares que no pueden inspirar gran confianza á causa de la incertidumbre en que las oscilaciones continuas de la luz dejan al observador sobre sus verdaderos límites; asi que, los resultados de estas medidas, aun desechando las antiguas (77), varían entre algunos miriámetros y 1,000 ó 1,200 metros; siendo muy probable que efectivamente cambien estas alturas de una á otra época. Los últimos observadores colocan el sitio de estas apariciones, no ya en el límite de nuestra atmósfera, sino en la region donde se forman las nubes y la reunion de los vapores vesiculares; tambien creen que los vientos y las corrientes aéreas pueden alterar los rayos de las auroras boreales, cosa que se realizaria en efecto si la produccion de la corriente electro-magnética, cuya existencia nos revelan, se hallase en relacion con la de las nubes y vapores, ó mas bien si aquella corriente los atravesara en realidad pasando de una á otra vesícula. En las orillas del lago del Oso-Grande vió el capitan Franklin una aurora boreal, cuya luz iluminaba al parecer la superficie inferior de una capa de nubes, mientras que á 3 ó 4 miriámetros mas allá, Kendal, que estuvo en vela toda la noche sin perder de vista un solo momento el cielo, no divisó rastro alguno de luz. Háse pretendido en estos últimos tiempos, que los rayos de la aurora boreal se aproximan alguna vez á la Tierra, y aunque llegan á interponerse entre el observador y una altura inmediata; pero estas apariencias

pueden esplicarse, indudablemente, por las mismas ilusiones ópticas de que tantos ejemplos nos han dado ya los relámpagos y la caida de los bólides. Ahora que recientes espediciones nos permiten apreciar en su justo valor las narraciones de los pescadores de Groenlandia y de los cazadores de zorras de la Siberia, se duda que las tempestades magnéticas, semejantes á las eléctricas por lo tocante á la formacion de la luz, lo sean tambien por lo que respecta á la produccion del ruido. No parece sino que las auroras boreales se han vuelto silenciosas desde que se las observa con mas cuidado. Parey, Franklin y Richardson en el polo Norte; Thienemann en Islandia; Gieseke en Groenlandia; Lothis y Bravais en el cabo Norte, y Wrangel y Anjou en las orillas del mar Glacial, han visto millares de auroras boreales sin oir jamás ni el mas ligero ruido. ¿Se querrá que todas estas pruebas negativas cedan ante dos afirmaciones positivas, la de Hearne en la embocadura del rio de la Mina de Cobre, y la de Henderson en Islandia? Pues entonces seria preciso olvidar que si Hood oyó, durante la aparicion de una aurora boreal, una especie de trepidacion semejante al ruido que produce una descarga de fusilería bien nutrida, el mismo estruendo se repitió el dia siguiente, sin ir acompañado de luz polar; seria preciso desechar la esplicacion plausible de Wrangel y de Gieseke, que atribuian aquellos estallidos á la súbita contraccion de la nieve endurecida ó del hielo, causada por un brusco enfriamiento de la atmósfera. Fácil es esplicar, por otra parte, cómo ha podido acreditarse, no ya entre el pueblo sino aun entre los viajeros instruidos, la creencia de esas pretendidas detonaciones de la aurora boreal: como las auroras boreales se asimilaban en otro tiempo á los fenómenos eléctricos que se producen en un aire muy enrarecido, cual debe estarlo el de las elevadas regiones de la atmósfera, de aquí que hasta el mas leve rumor se trocase para observadores ya preocu-

pados de esta idea, en el peterreo de los chispazos eléctricos.

Nuevas investigaciones practicadas con el auxilio de electroscopios sumamente finos, no han dado hasta el presente, contra toda esperanza, mas que resultados negativos, pues el estado eléctrico de la atmósfera ha permanecido invariable aun en las mas brillantes auroras boreales.

Estas, por el contrario, modifican el magnetismo terrestre, alterando á la par la intensidad, la inclinacion y la declinacion. En una misma noche, segun las fases sucesivas de su desarrollo, la aurora boreal atrae ó repele la estremidad de la aguja imantada. Parry creia poder deducir del conjunto de las observaciones hechas por el mismo en las islas Melville, cerca del polo magnético, que lejos de alterar las auroras boreales la aguja, ejercian mas bien sobre ella «una accion sedativa;» pero esta opinion se halla en contradiccion con el viaje del mismo Parry mas atentamente examinado (78), con las bellas observaciones de Richardson, de Hood y de Franklin en el alto Canadá, y últimamente tambien con las de Bravais y Lothis en la Laponia. Lo hemos dicho ya: la produccion de la luz polar es un acto por cuyo medio se restablece el equilibrio momentáneamente perturbado; su efecto sobre la brújula se regula por la intensidad de la descarga reparadora; y cuando la aurora boreal es muy débil, no elevándose apenas sobre el horizonte, este efecto tampoco será perceptible, como de ello tuvieron ocasion de asegurarse varias veces los observadores de Bosekop, durante su larga estacion invernal. Hánse comparado con razon, los haces cilíndricos de los rayos de la aurora boreal á la luz que se produce en un circuito voltáico entre dos puntas de carbon (ó segun Fizeau y Foucault entre una punta de carbon y un glóbulo de plata), y que es atraida ó rechazada por un iman. Esta

analogía hace supérflua la hipótesis de los vapores metálicos suspensos en la atmósfera, de la cual han querido algunos célebres físicos hacer el *substratum* de la aurora boreal.

Al dar á tan magníficas apariciones el nombre de *auroras boreales*, ó el mas inexacto aun de luces polares, se ha querido solamente designar la direccion por donde empiezan á producirse las mas veces. La gran importancia de este fenómeno consiste en que la Tierra está dotada de la cualidad de emitir una luz propia, distinta de la que recibe del Sol. La intensidad de la *luz terrestre*, ó propiamente hablando, la claridad que en todo su esplendor puede esparcir esta luz sobre la superficie de la Tierra, es algo mas viva que la del primer cuarto de Luna, y tan fuerte á veces (7 de Enero de 1831), que sin gran trabajo ha sido posible leer caractéres impresos. Esta luz de la Tierra, cuya emision no se interrumpe casi nunca hácia los polos, nos recuerda el resplandor fosforescente que se observa por lo comun en la parte de Venus no iluminada por el Sol; y no será estraño que otros planetas (Júpiter), la Luna y aun los cometas posean tambien una luz nacida de su propia sustancia, independiente de la que el Sol les envia, y cuyo orígen comprueba el polariscopo. Aun prescindiendo de la apariencia problemática, pero muy comun, de las nubes poco elevadas, cuya superficie toda brilla durante algunos minutos con trémulo resplandor, hay en nuestra atmósfera otros ejemplos que citar de esta produccion de luz terrestre, cuales son las famosas nieblas secas de 1783 y 1831, que emitian una luz muy sensible durante la noche; aquellas grandes nubes, observadas con tanta frecuencia por Rocier y por Beccaria, que brillaban con luz apacible; y por último (observacion ingeniosa de Arago), la luz difusa que guia nuestros pasos en las noches de otoño ó primavera, cuando las nubes interceptan toda luz celeste

y la nieve no cubre aun la Tierra (79). Si las altas latitudes tienen sus auroras, cuyos resplandores coloreados atraviesan é iluminan la atmósfera, las cálidas regiones de los trópicos tienen tambien su luz, que brilla en la superficie del Océano, en una estension de muchos miles de leguas cuadradas. Pero aquí la luz es un producto de las fuerzas orgánicas de la naturaleza; las olas, coronadas de espuma fosforescente, se alzan, ruedan y quiebran como en un mar de fuego; cada punto de su inmensa superficie es una chispa, y en cada chispa se manifiesta la vida animal de un mundo invisible. Tales son las fuentes numerosas de la luz terrestre. ¿Habremos de admitir que esta luz se halla tambien en estado latente, y contenida virtualmente en ciertos vapores, á fin de esplicar *la formacion á cierta distancia de las imágenes* de Moser, descubrimiento que en la realidad se nos presenta todavia como esas formas misteriosas que solo se ven en sueños?

Si el calor central de nuestro planeta se liga, por una parte, á la produccion de las corrientes electro-magnéticas, y de la luz terrestre que nace de ellas, bajo otro punto de vista, se presenta como fuente principal de los fenómenos geognósticos. Ahora nos proponemos considerar estos fenómenos en su encadenamiento y diversas fases, desde la conmocion puramente dinámica y el levantamiento de los continentes ó de las cadenas de montañas, la erupcion de los gases y de los vapores, de los torrentes de lodo hirviendo y de las rocas ígneas ó de lavas en fusion, que se trasforman por el enfriamiento en rocas cristalizadas. No fué pequeño progreso para la moderna geognósia (dáse este nombre á la parte mineralógica de la física terrestre), la comprobacion de este encadenamiento de los fenómenos. Desde entonces nos ha sido dado renunciar á las vanas hipótesis imaginadas en otro tiempo para esplicar una por una las revoluciones del antiguo mundo terrestre; desde

entonces hemos podido referir la produccion de diferentes materias ó los simples cambios de forma y de estension (*conmociones ó levantamientos*); desde entonces nos ha sido lícito reunir y agrupar fenómenos completamente desemejantes á primera vista, como las fuentes termales, las emisiones de gas ácido carbónico y de vapores sulfurosos, las llamadas *salsas* (erupciones cenagosas), y por último, las erupciones de montañas ignívomas. En un cuadro general de la naturaleza, todos estos detalles se confunden en una sola y única concepcion, la de *la reaccion que el interior de un planeta ejerce contra sus capas esteriores*. Una sola causa, el aumento gradual del calórico terrestre desde la superficie del globo hasta el centro, nos dará idea á la vez de los temblores de tierra, del levantamiento sucesivo de los continentes y de las cadenas de montañas, de las erupciones volcánicas y de la formacion de las rocas ó de los minerales. Pero esta reaccion del interior contra el esterior no ha limitado su influencia á la naturaleza inorgánica solamente: todo nos induce á creer que en el mundo antiguo poderosas emisiones de gas ácido carbónico se mezclaron á la atmósfera, y favorecieron el acto por el cual los vegetales se asimilan el carbono, y formaron asi los bosques primitivos, orígen del inagotable conjunto de materias combustibles (lignitos y carbon de piedra), que las revoluciones del globo han escondido en las capas superficiales; y aun puede decirse que la forma de la corteza terrestre, la direccion general de las grandes cadenas de montañas y de las llanuras, asi como la configuracion articulada de los continentes, han ejercido una notable influencia sobre la suerte de la especie humana. En semejante encadenamiento de los fenómenos, el filósofo puede remontarse de término en término de la série, hasta la época en que la materia aglomerada en esfera, pasó del estado fluido al estado líquido ó sólido, época en que se desenvolvió tambien el calor central

de la Tierra independientemente de la accion calorífica de los rayos solares.

A fin de seguir en el cuadro de los fenómenos geognósticos el órden mismo de su filiacion y de su dependencia originaria, empezaremos por aquellos cuyo carácter es esencialmente dinámico. Los *temblores de tierra* se manifiestan por oscilaciones verticales, horizontales ó circulares, que se suceden y se repiten con cortos intérvalos. Las dos primeras especies de sacudidas son frecuentemente simultáneas: tal es, á lo menos, el resultado de las numerosas observaciones de este género que he podido hacer por mar y por tierra en una y otra parte del mundo. La accion vertical de abajo á arriba produjo en Riobamba, en 1797, el efecto de la esplosion de una mina, hasta el punto de que los cadáveres de gran número de sus habitantes fueron arrojados mas allá del arroyo de Lican hasta *la Culca*, colina cuya altura es de muchos centenares de piés. Ordinariamente la sacudida se propaga en línea recta ú ondulada á razon de 4 á 5 miriámetros por minuto; alguna vez se estiende á la manera de las ondas y forma círculos de conmocion, en los cuales las sacudidas se van del centro á la circunferencia, pero disminuyendo de intensidad. A pesar de la asercion del padre de la historia (80) y de Theoplacto Simocata (81), que creian desconocidos en Scytia los temblores de tierra (82), he comprobado durante mi viaje por el Asia septentrional, que la parte meridional del Altai se encuentra sometida á la doble influencia del centro de conmocion del lago Baïkal y de los volcanes de las montañas celestes (Thian-cham). Cuando los círculos de conmocion se cortan; cuando una meseta está colocada, por ejemplo, entre dos volcanes activos, pueden resultar de aquí varios sistemas de ondas que se superponen unas á otras, como en los líquidos sin turbarse mútuamente, y aun pudiera haber *interferencia* como en el caso de las ondas sonoras que cru-

zan. Segun una ley general de la mecánica, todo movimiento de vibracion que se trasmite por un cuerpo elástico tiende á desligar de él sus capas superficiales, y en virtud de esta misma ley, la onda de conmocion debe ser tanto mayor al propagarse por la corteza terrestre, cuanto mas se aproxima á la superficie.

Los medios que se han imaginado para estudiar las ondas de conmocion (el péndulo y la cubeta sismométrica), indican con bastante exactitud su direccion y su intensidad total, pero no su alternancia ó su intumescencia periódica. La ciudad de Quito está situada al pié de un volcan todavía en actividad (el Rucu Pichincha) á 2.910 metros sobre el nivel del mar; posee bellas cúpulas, elevadas iglesias, casas macizas de muchos pisos, y los temblores de tierra son allí frecuentes; pero con gran sorpresa mia he visto que rara vez estas sacudidas cuartean las paredes, al paso que en los llanos del Perú, oscilaciones mucho menos fuertes perjudican las chozas de Bambú muy poco elevadas. Los indígenas que han conocido millares de temblores de tierra, creen que esta diferencia depende menos de la duracion larga ó corta de las sacudidas y de la lentitud ó rapidez de la oscilacion horizontal (83), que de la regularidad de los movimientos que se producen en sentidos contrarios. Las sacudidas circulares ó giratorias son las mas raras, pero tambien las mas peligrosas. En el gran terremoto de Riobamba, provincia de Quito, ocurrido el dia 4 de Febrero de 1797, ladeáronse muchas paredes sin llegar á caer del todo; calles de árboles que antes eran rectilíneas se hicieron curvas; y campiñas cubiertas de diferentes cultivos se confundieron entre sí: efectos singularísimos que habian ocurrido ya en Calabria el 5 de Febrero y el 28 de Marzo de 1783. Esta confusion de terrenos cultivados que se superponen los unos á los otros, prueba que existe un movimiento general de traslacion, una especie de penetracion

de las capas superficiales; evidentemente el suelo movible se pone en movimiento como un líquido, y las corrientes se dirigen primero de arriba á abajo, luego horizontalmente, y por último, de abajo á arriba. Cuando levanté yo el plano de las ruinas de Riobamba, me enseñaron entre los escombros de una casa el lugar en que se habian encontrado los muebles de otra distinta, y fué preciso que la *Audiencia* fallase algunos litigios que se suscitaron sobre la propiedad de objetos que de tal modo habian sido trasportados á muchos centenares de metros.

En los paises en que los temblores de tierra son relativamente mas raros (por ejemplo en la Europa meridional), se cree generalmente, á consecuencia de una induccion incompleta, que la serenidad de la atmósfera, un calor sofocante y el horizonte cargado de vapores, son los fenómenos precursores del terremoto (84); pero es un error, contradicho no solamente por mi propia esperiencia, sino que tambien por la de todos los observadores que han pasado algunos años en comarcas tales como Cumaná, Quito, el Perú y Chile, cuyo suelo se ve frecuentemente agitado por violentas sacudidas. Yo he sentido temblores de tierra en tiempo sereno ó lluvioso, y lo mismo con la fresca brisa del Este, que con un huracan tempestuoso. Además, estos fenómenos no ejercian á mi parecer influencia alguna en la aguja imantada, pues no he obtenido ninguna anomalía en las variaciones horarias de la declinacion, ni en la altura del barómetro, los dias de terremoto en las regiones intertropicales (85).

Adolfo Erman ha hecho igual observacion en la zona templada con ocasion del terremoto sentido en Irkutsk cerca del lago Baikal el 8 de marzo de 1829. Cuando ocurrio en Cumaná la violenta sacudida de 4 de noviembre de 1799, encontré que la declinacion y la intensidad de la fuerza magnética habian permanecido en su estado normal;

pero con gran asombro mio, ví que la inclinacion de la aguja imantada habia disminuido 48′. (86) No tenia motivo alguno para sospechar error en esta observacion; mas durante las otras sacudidas que he esperimentado en el llano de Quito y de Lima, la inclinacion permaneció siempre invariable, de la misma manera que todos los elementos del magnetismo terrestre. Si es cierto, generalmente hablando, que nada hay en el aspecto del cielo ó en el estado de la atmosfera que anuncie en la superficie del globo lo que vá á suceder en sus profundidades, pronto veremos, sin embargo, que las capas aéreas pueden ceder á la influencia de fuertes sacudidas cuyo efecto no es siempre meramente dinámico. Asi es que el estado eléctrico de la atmósfera ha esperimentado notables variaciones durante las sacudidas que han agitado por largo tiempo el suelo de los valles de Pelis y de Cluson, en el Piamonte.

La intensidad de cierto ruido que casi siempre acompaña á los temblores de tierra, no crece en la misma proporcion que la violencia de las sacudidas. Estudiando atentamente las diversas fases del temblor de tierra de Riobamba (4 de febrero de 1797), acontecimiento de los mas terribles que ha mencionado la física de nuestro globo, me convencí plenamente de que la gran sacudida no fué acompañada del mas leve rumor. La formidable detonacion (*el gran ruido*) que se oyó debajo de tierra en Quito y en Ibarra, pero nó en Tacunga, ni en Hambato, ciudades mas aproximadas sin embargo, al centro de conmocion, no se produjo sino 18 ó 20 minutos despues de la catástrofe. Un cuarto de hora mas tarde del célebre terremoto que destruyó á Lima (28 de octubre de 1746), se oyó en Trujillo un trueno subterráneo, pero sin producir sacudida alguna. Asi tambien, trascurrido largo tiempo desde el gran temblor de tierra de Nueva Granada (16 de noviembre de 1827), descrito por Boussingault, se oyeron en el valle

de Cauca detonaciones subterraneas que se sucedian de 30 en 30 segundos pero siempre sin sacudidas.

La naturaleza del ruido es sumamente variable: ya rueda, brama y resuena como si chocaran cadenas; á las veces es vibrante como los estallidos de los truenos cercanos, y tambien otras retumba con estrépito, cual si en las cavernas subterráneas se quebrasen masas de obsidiana ó de rocas vitrificadas. Es sabido que los cuerpos sólidos son escelentes conductores del sonido, y que las ondas sonoras se propagan en la arcilla cocida con una velocidad de diez ó doce veces mayor que en el aire; y por lo tanto los ruidos subterráneos pueden oirse á distancias enormes del punto donde se producen. En los llanos de Calabozo y en las orillas de Rio-Apure en Caracas, uno de los afluentes del Orinoco, es decir, en una estension de 1,300 miríametros cuadrados, se oyó una espantosa detonacion, no acompañada de sacudidas, en el momento mismo en que un torrente de lava salia del volcan de San Vicente, situado en las Antillas á una distancia de 120 miríametros, que es, como si dijéramos, que una erupcion del Vesubio se habia sentido en el Norte de Francia. Cuando ocurrió la gran erupcion de Cotopaxi en 1744, oyéronse detonaciones subterráneas en Honda á orillas del Magdalena, siendo asi que la distancia entre estos dos puntos es de 81 miríametros, su diferencia de nivel de 5,500 metros y estan ademas separados por las masas colosales de las Montañas de Quito, de Pasto y de Popayan, y por innumerables valles y torrenteras. Es evidente que el sonido no fué trasmitido por el aire, sino que se propagó por debajo de tierra á gran profundidad. El dia del violento terremoto de Nueva Granada (febrero de 1835) se reprodujeron los mismos fenómenos, en Popayan, Bogotá, Santa Marta, y Caracas, donde el ruido duró siete horas enteras, sin sacudidas en Haití, la Jamaica, y á orillas del lago de Nicaragua.

Aun cuando estos ruidos subterráneos no vayan acompañados de sacudidas, producen siempre honda impresion, aun sobre aquellos que han habitado mucho tiempo en parajes sometidos á frecuentes sacudimientos, pues espérase con ansiedad lo que seguirá á estos gruñidos interiores. Tales fueron los *bramidos* y *truenos subterráneos* de Guanaxato, rica y célebre ciudad de Méjico, situada muy lejos de todo volcan activo, (87) los cuales empezaron á las doce de la noche del 9 de enero de 1784, y duraron mas de un mes. He publicado una relacion muy circunstanciada de este notable fenómeno, valiéndome de los documentos que el municipio de la ciudad puso á mi disposicion, y de las narraciones de infinidad de testigos. Del 13 al 16 de enero nadie hubiera dicho sino que ocurria una tempestad subterránea, pues oiánse estallidos semejantes á los del rayo, alternando con el largo retumbar de los lejanos truenos. El ruido cesó como habia empezado, es decir, gradualmente; y estaba limitado á un pequeño espacio, pues á algunos minutos mas allá y sobre un terreno basáltico, ya nada se oia. Casi todos los habitantes se aterrorizaron, y abandonaron la ciudad dejando en ella grandes cantidades de plata en barra, siendo preciso que los mas arrojados volviesen inmediatamente para disputar aquellos tesoros á los ladrones que se habian hecho con ellos. Mientras la duracion completa de este fenómeno, no se sintió sacudida alguna, en la superficie de la tierra, ni aun en las minas próximas, situadas á 500 metros de profundidad. Jamás se habia oido ruido semejante en Méjico, antes de aquella época, ni se ha vuelto tampoco á repetir despues. ¿No podrá deducirse de aquí que hay cavernas en las entrañas de la tierra que se abren ó se cierran súbitamente y dan ó rehusan el paso á las ondas sonoras, que cualesquiera accidentes hayan producido á larga distancia?

Por formidable que sea para el espectador la erupcion

de un volcan, siempre queda circunscrita en estrechos límites; mas no sucede lo mismo con los temblores de tierra, pues si bien la vista distingue apenas las oscilaciones del suelo, el asolamiento que estas producen pueden estenderse á miles de leguas. En los Alpes, en las costas de Suecia, en las Antillas, en el Canadá, en Turinga y hasta en los pantanos del litoral del Báltico, se sintieron las sacudidas del temblor de tierra que destruyó á Lisboa el 1.º de noviembre de 1755. Rios lejanos fueron apartados de su curso, fenómeno ya señalado en la antigüedad por Demetrio de Calateo; las fuentes termales de Tæplitz se agotaron en un principio, y despues aparecieron de nuevo con aguas coloreadas de ocre ferruginoso é inundaron la ciudad; en Cádiz las aguas del mar se elevaron á 20 metros sobre su nivel ordinario, y en las pequeñas Antillas, donde la marea no sube casi nunca de 70 á 75 centímetros, se elevaron las olas negras como la tinta, á mas de 7 metros de altura. Háse calculado que las sacudidas se percibieron en este dia fatal, sobre una estension de territorio cuatro veces mayor que la de Europa. Ninguna fuerza destructora, sin esceptuar ni aun la mas mortífera de nuestras invenciones, es capaz de hacer perecer á tantos hombres á la vez en un espacio de tiempo tan corto, en algunos minutos, y en algunos segundos, perecieron sesenta mil hombres en Sicilia el año 1693; treinta ó cuarenta mil en el temblor de tierra de Riobamba de 1797, y quizás cinco veces otros tantos en el Asia menor y en Siria en tiempo de Tiberio y Justino el Anciano, hácia los años 19 y 526.

En la cadena de los Andes de la América del Sur, sucede con frecuencia que duran sin interrupcion los temblores de tierra muchos dias. En cuanto á aquellos que se dejan sentir casi á cada hora, por meses enteros, no conozco ejemplar que no haya ocurrido en lugares apartados de todo volcan activo; á saber: en la vertiente oriental del Mont-

Cenis; en Fenestrella y Pigneroles desde el mes de abril de 1808; en los Estados-Unidos de la América del Norte, entre New-Madrid y Little-Prairie (88) al Norte de Cincinnato en diciembre de 1811 y durante el invierno entero de 1812; y últimamente, en el bajalato de Alepo hácia los meses de agosto y de setiembre de 1822. Generalmente el pueblo no tiene sino nociones muy imperfectas acerca de los grandes fenómenos de la naturaleza, que atribuye siempre á causas locales; y asi es que cuando se prolongan las sacudidas, teme al punto la formacion de un volcan. Es muy raro que los acontecimientos justifiquen este temor; mas tal acaeció, sin embargo, en el volcan de Jorullo, que despues de noventa dias de sacudidas y truenos subterráneos, surgió de repente en medio del llano hasta la altura de 510 metros, el 29 de setiembre de 1759.

Si fuera posible reunir noticias del estado diario de toda la superficie terrestre, se adquiriria bien pronto la conviccion de que se halla siempre agitada por sacudidas en alguno de sus puntos, incesantemente sometida á la reaccion de la masa interior. Basta considerar la frecuencia y universalidad de este fenómeno, provocado indudablemente por la elevacion de temperatura, y el estado de fusion de las capas inferiores, para comprender que es independiente de la naturaleza del suelo en que se manifiesta. Aun en los terrenos de aluvion tan movibles de Holanda, hácia Midelburgo y Flesinga, ha habido temblores de tierra. Lo mismo se producen en el granito que en el micaschisto, en la caliza como en la piedra arenisca, en la traquita como en la amigdaloide. No es la constitucion química de las rocas, sino su estructura mecánica, la que influye sobre la propagacion de la sacudida ó de las ondas de conmocion. Cuando estas ondas siguen á lo largo de una costa, ó al pie y en la direccion de una cadena de montañas, se ha notado, hace muchos siglos, que algunas veces parece como

que se interrumpen; pero no hay tal cosa: el quebrantamiento no ha cesado sin embargo; salvo que entonces se propaga por el interior de la tierra sin dejarse sentir nunca en estos puntos de la superficie; y aun por eso los Peruanos, dicen que estas capas superiores donde nunca se siente conmocion forman «como un puente» (89). Como parece que las cadenas de montañas han sido solevantadas sobre largas fallas, es probable que las paredes de estas hendiduras favorezcan la propagacion de las ondas que se mueven en su misma direccion, si bien es verdad que las ondas de conmocion se propagan alguna vez en direccion perpendicular á la de varias cadenas paralelas. De esta manera las vemos atravesar al mismo tiempo la cordillera del litoral de Venezuela y la Sierra de Parime. Los temblores de tierra se propagaron en Asia (el 22 de enero de 1832) desde Lahora y el pie del Himalaya, á través de la cadena del Indo-kho, hasta Badakschan y el Oxus superior, y aun hasta Bokhara (90). Tambien sucede que los círculos de conmocion ganan terreno, para lo cual basta un solo temblor de tierra mas violento que los otros. Desde la destruccion de Cumaná (14 de setiembre de 1797), y solo desde esta época, la península de Maniquarez, situada en frente de las colinas calizas del continente, esperimenta en sus capas de micaschisto todas las alteraciones de la costa meridional. Las sacudidas que agitaron casi sin interrupcion desde 1811 á 1813, el suelo de los valles del Misisipí, del Arkansas y del Ohio, iban adelantando hácia el Norte de una manera sorprendente. No parece sino que destruidos los obstáculos subterráneos y la via libre, el movimiento ondulatorio se propaga mas en ella cada vez que se produce.

Si puede creerse á primera vista que los temblores de tierra producen efectos puramente dinámicos, estudiando los hechos mas corroborados se reconoce bien pronto que no se limitan á levantar de su antiguo nivel paises enteros, tales

como la costa de Chile en noviembre de 1822, y Ulla-Bund en junio de 1819, despues del temblor de tierra de Cuth, sino que dan nacimiento tambien á erupciones de agua caliente (en Catania 1818), de vapores acuosos (en el valle del Misisipí, cerca de Nueva-Madrid, 1812); de miasmas tan perjudiciales á los rebaños que pastan en los Andes, de lodo, de negra humareda, y aun de llamas, (en Mesina, 1783 y en Cumaná 1797). Durante el gran temblor de tierra que destruyó á Lisboa el 1.° de noviembre de 1755, viéronse salir llamas y columnas de humo de una grieta formada nuevamente en la roca de Alvidras, cerca de la ciudad, tanto mas espesa, cuanto las detonaciones subterráneas eran mas intensas (91). No hubo erupcion alguna durante la catástrofe de Riobamba á pesar de su proximidad á muchas montañas volcánicas; pero salian del fondo de la Tierra gran número de eminencias ó protuberancias cónicas, formadas de una materia que los indígenas llaman *moya*; compuesto singular de carbon, cristales de augita y de conchas silíceas de infusorios. Considerable cantidad de gas ácido carbónico que salió de las grietas durante el temblor de tierra de Nueva-Granada (16 de Noviembre de 1827), en el valle de la Magdalena, asfixió á multitud de serpientes, ratas y otros animales que vivian en las cavernas. Por último, violentas sacudidas ocasionaron en el Perú y en la provincia de Quito cambios bruscos de temperatura, y anticipado la estacion de las lluvias á su época ordinaria bajo los trópicos. Ignórase si es preciso atribuir estos fenómenos á los vapores que surgieron de las entrañas de la Tierra y se mezclaron con la atmósfera, ó á una perturbacion que hubieran determinado las sacudidas en el estado eléctrico de las capas aéreas. En las regiones intertropicales de América, trascurren á veces diez meses enteros sin que caiga del cielo una sola gota de agua, y los indígenas miran los temblores de tierra que se repiten fre-

cuentemente sin perjudicar sus chozas de bambú, como felices precursores de fecundantes lluvias.

El comun orígen de los fenómenos que acabo de describir, se halla aun envuelto en la oscuridad. Indudablemente es preciso atribuir á la reaccion de los vapores sometidos á una presion enorme en el interior de la tierra, todas las sacudidas que agitan su superficie, desde las mas formidables esplosiones hasta esas débiles conmociones, en modo alguno peligrosas, que se sintieron durante muchos dias en Scaccia de Sicilia, antes del levantamiento volcánico de la nueva isla de Julia. Es evidente que el foco donde nacen y se desarrollan estas fuerzas destructoras está situado debajo de la costra terrestre, ¿pero á qué profundidad? Lo ignoramos; así como la naturaleza química de estos vapores tan violentamente comprimidos. En mis observaciones al borde del Vesubio, ó sobre la roca que se levanta como una torre sobre el cráter de Pichincha, sentia constantemente las sacudidas con 20 ó 30 segundos de anterioridad á la erupcion de los vapores ó de las escorias incandescentes, siendo tanto mas fuertes las sacudidas cuanto mas tardías eran las esplosiones, porque entonces se acumulaban los vapores en mayor cantidad. En esta observacion, tan sencilla y confirmada tan frecuentemente por la esperiencia de todos los viajeros, se encuentra la esplicacion general del fenómeno. Los volcanes activos son como válvulas de seguridad para las regiones vecinas; y por el contrario, si se cierra la abertura del volcan y la comunicacion del interior con la atmósfera se interrumpe, el peligro aumenta, y el país cercano está amenazado de sacudimientos próximos. En general los temblores de tierra mas fuertes, no se producen cerca de los volcanes en actividad, como lo prueban los que han destruido á Lisboa, Caracas, Lima, Cachemira (92), y un considerable número de ciudades en Calabria, Siria y el Asia menor.

Si la actividad de los volcanes, cuando no encuentra salida, se ejerce contra el suelo y provoca temblores de tierra, estos, á su vez, obran por reaccion sobre los fenómenos volcánicos. Las grietas ayudan á la formacion de los cráteres de erupcion y favorecen las reacciones químicas que en ellos se engendra por el contacto del aire. Una columna de humo que salia del volcan de Pasto, en la América del Sud, desapareció súbitamente el 4 de Febrero de 1797, durante el gran temblor de tierra que destruyó á Riobamba, 36 miriámetros mas allá, hácia el Sud. Temblores de tierra que se hacian sentir en toda la Siria, en las Ciclades y en Eubea, cesaron de repente en el momento mismo en que un torrente de materias ígneas brotaba en las llanuras de Chalcis (93). Refiriendo este hecho el célebre geógrafo d'Amasea, añade: «que desde que las bocas del Etna se han abierto y vomitan fuego; desde que las masas de agua y de lavas en fusion pueden ser arrojadas fuera, el litoral padece menos temblores de tierra que cuando los cráteres estaban cerrados antes de la separacion de la Sicilia y de la Italia.»

Es, pues, indudable, que la fuerza volcánica interviene en los temblores de tierra; pero esta potencia universalmente esparcida como el calor central del planeta, llega raramente, y esto en algunos puntos aislados, á producir fenómenos de erupcion. Las masas liquefactas de basalto, de melafiro y de grunstein que surgen del interior, llenan poco á poco las hendiduras y acaban por cerrar toda salida á los vapores. Cuando estos se acumulan, acrece su tension, y su reaccion contra la costra terrestre puede ejercerse de tres maneras distintas: ó quebrantan el suelo, ó le levantan bruscamente, ó varían con lentitud la diferencia de nivel entre los continentes y los mares. Esta última accion no es sensible sino despues de largos años, y fué observada por primera vez en una estension considerable de Suecia.

No terminaremos nuestras consideraciones acerca de este gran fenómeno que hemos examinado menos aun en sus detalles que en sus relaciones generales con la física del globo, sin señalar tambien el orígen de la impresion profunda y del efecto singularísimo que el primer temblor de tierra que sentimos, nos produce, aun cuando no venga acompañado de ruidos subterráneos. Esta impresion no proviene, en mi juicio, de que las imágenes de las catástrofes cuyo recuerdo ha conservado la historia se ofrecen en tropel entonces á nuestra imaginacion. Lo que nos embarga es que perdemos de una vez la confianza innata en la estabilidad del suelo. Desde nuestra infancia nos acostumbramos al contraste de la movilidad del agua con la inmovilidad de la tierra, hábito fortificado con el testimonio constante de nuestros sentidos, basta que el suelo tiemble para que se destruya la esperiencia de toda la vida. Es una potencia desconocida que se revela de repente; vése que la calma de la naturaleza era una ilusion, y nos sentimos arrojados violentamente en un caos de fuerzas destructoras. Entonces, cada ruido, cada golpe de aire llama la atencion, y desconfiamos, sobre todo, del suelo sobre el cual se anda. Los animales, principalmente los cerdos y los perros, esperimentan esta angustia; los cocodrilos del Orinoco, tan mudos de ordinario como nuestros pequeños lagartos, abandonan el lecho movido del rio y corren bramando hácia el bosque. El temblor de tierra se presenta al hombre como un peligro indefinible pero siempre amenazador. Se puede huir de un volcan, evitar un torrente de lava; pero cuando se estremece la tierra ¿á donde huir? por todas partes creemos caminar sobre un foco de destruccion. Felizmente los resortes de nuestra alma no pueden estar tirantes largo tiempo, y aquellos que habitan un país en donde las sacudidas son poco sensibles y se suceden con cortos intérvalos, acaban por esperimentar apenas un débil sentimiento de temor. En las

costas del Perú el cielo siempre está sereno; no se conoce el granizo ni los huracanes, ni las espantosas esplosiones del rayo: el trueno subterráneo que acompaña á las sacudidas del suelo, reemplaza al trueno de las nubes. Merced á una larga costumbre y á la opinion muy generalizada de que hay únicamente tres sacudidas desastrosas que temer en cada siglo, los temblores de tierra no inquietan en Lima, mas casi que la caida del granizo en la zona templada.

Despues de haber considerado á la Tierra como fuente de calórico, de corrientes electro-magnéticas, de la luz de las auroras polares, y de los movimientos irregulares que agitan su superficie, réstanos describir los productos materiales de las fuerzas que animan nuestro planeta, y las modificaciones químicas que se efectúan en sus capas superiores, y aun en la misma atmósfera. Vemos salir del suelo vapores acuosos; efluvios de gas ácido carbónico, casi siempre sin mezcla de ázoe (94); gas hidrógeno sulfurado, vapores sulfurosos; y con mas rareza, vapores de ácido sulfúrico ó de ácido hidroclórico (95); por último, gas hidrógeno carbonado, del cual se sirven desde hace miles de años en la provincia china de Sse-Tchuan (96) para alumbrarse y calentarse y que acaba de aplicarse recientemente á los mismos usos en Fredonia pequeña ciudad del Estado de New-York en los Estados-Unidos de América. Las grietas de donde escapan estos gases y vapores no se presentan únicamente en las cercanías de los volcanes, sino que se las encuentra tambien en las regiones donde faltan el traquito y las demás rocas volcánicas. En la cordillera de Quindiu, á 2,080 metros sobre el nivel del mar, he hallado azufre depositado en el micaschisto por cálidos vapores sulfurosos (97); y al Sud de Quito, cerca de Ticsan, en el Cerro-Cuello, esta roca misma que se tenia antes por primitiva, contiene un enorme lecho de azufre en medio del cuarzo puro.

De todas estas emanaciones gaseiformes, las mas numerosas y abundantes son las de ácido carbónico denominadas tambien *mofetas*. En las regiones volcánicas, como son en Alemania, el valle profundamente quebrado del Eifel, los alrededores del lago Lach, el circo de Wehr y la Bohemia occidental, las emisiones de ácido carbónico aparecen como un último esfuerzo de la actividad volcánica. En épocas anteriores, el calor mas fuerte del globo terrestre y el número considerable de grietas que las rocas ígneas no habian cortado aun, favorecieron poderosamente estas emisiones; grandes cantidades de vapores de agua caliente y de gas ácido carbónico se mezclaron con la atmósfera, y produjeron en casi todas las latitudes esa vegetacion exhuberante, esa plenitud de desarrollo orgánico cuyo cuadro ha trazado Adolfo Brongniart (98). En las regiones cálidas y húmedas, donde la atmósfera se halla siempre sobrecargada de gas ácido carbónico, los vegetales encontraron condiciones tan favorables á su desarrollo y abundancia de sustancias propias para su nutricion, que pudieron formar los materiales de las capas de carbon de piedra y de lignito, fuentes casi inagotables de fuerza física y de bienestar para las naciones. Estos lechos de combustibles están repartidos principalmente en cuencas que la naturaleza parece haber concedido especialmente á ciertas regiones de Europa, tales como las Islas Británicas, la Bélgica, la Francia, las provincias Rinianas interiores y la Silesia superior. La enorme cantidad de ácido carbónico cuya combinacion con la cal ha producido las rocas calizas, formando esas grandes capas en que solo entra próximamente como una octava parte de carbono (99), salió entonces del fondo de la Tierra, bajo la influencia predominante de las fuerzas volcánicas. Lo que no pudieron absorber las tierras alcalinas, se repartió en la atmósfera, donde los vejetales del antiguo mundo se nutrieron incesantemente; el aire, purificado así por el desarrollo de

la vida vegetal, no contiene ya hoy dia sino una preparacion de gas ácido carbónico estremadamente escasa y sin influencia deletérea en las organizaciones animales del mundo actual. Por entonces tambien, abundantes emisiones vaporosas de ácido sulfúrico ocasionaron la destruccion de las innumerables especies de moluscos y peces que habitaban las aguas del antiguo mundo, y formaron las capas de yeso contorneadas en todos sentidos y sometidas por aquel tiempo, sin duda alguna, á frecuentes sacudidas.

Causas físicas análogas hacen surgir aun hoy del seno de la Tierra, gases, líquidos, légamos y lavas hirvientes; pudiendo ser considerados los cráteres de erupcion como especies de fuentes intermitentes (100). Todas estas materias deben su temperatura y su constitucion química á los mismos lugares de donde surgen. El calor medio de las fuentes es inferior al de la atmósfera cuando sus aguas descienden de las alturas; y ya hemos indicado la ley numérica de esta progresion con que aumenta el calor cuanto mas profundas son las capas que las aguas atraviesan. Las procedentes de lo alto de las montañas pueden mezclarse á las del interior de la Tierra, de donde resulta que la temperatura de las fuentes no dá siempre con exactitud la posicion de las líneas *isogeotermas* ó líneas de igual temperatura interna de la Tierra (1); como notamos mas de una vez mis compañeros de viaje y yo en el Asia septentrional. La temperatura de las fuentes, de la cual se han ocupado los físicos desde hace medio siglo, depende, como el límite de las nieves perpétuas, de causas muy complejas y numerosas, y se halla en relacion con la temperatura de la capa terrestre de donde surge el manantial, con el calor específico del suelo, y finalmente, con la cantidad y temperatura de las aguas pluviales (2); temperatura que difiere esencialmente de la que tienen las capas inferiores de la atmósfera (3).

Para que los manantiales frios puedan darnos fielmente

la temperatura media, es preciso que esten puros de toda mezcla con las aguas que descienden de las alturas ó con las que vienen de capas muy profundas, y que ademas recorran un largo trayecto subterráneo á la profundidad constante de 13 á 19 metros en nuestros climas, y de poco mas de 1 metro, segun ha observado Boussingault, en las regiones equinociales (4). Con efecto, la temperatura no comienza á ser constante en aquellas diferentes regiones, sino en las capas que se encuentran á las profundidades indicadas; ó en otros términos; á las capas en que las variaciones horarias diurnas, y aun mensuales, de la atmósfera, dejan de ser perceptibles.

Hállanse manantiales termales en toda especie de terreno; y aun puede asegurarse que los permanentes de mas calor se han hallado lejos de los volcanes. Citaré dos ejemplos que tomo de mis diarios de viaje, á saber, las *Aguas calientes de las Trincheras* en la América del Sud, entre Puerto-Cabello y Nueva-Valencia, y las *Aguas de Comangillas*, cerca de Guanaxuato, en el imperio de Méjico. Las primeras salian del granito y tenian 90°,3; las segundas salian del basalto y señalaban 96°,4.

Segun lo que sabemos respecto del crecimiento del calórico en el interior de la Tierra, las capas donde estas aguas adquieren una temperatura tan elevada deben estar situadas á una profundidad de 2,200 metros. Si el calor interno de la Tierra es la causa general que produce los manantiales calientes, las rocas que estos atraviesan no pueden modificar su temperatura sino en virtud de su permeabilidad ó de su capacidad para el calórico. Los mas calientes de todos los manantiales permanentes, aquellos cuya temperatura es de 95° ó de 97, son tambien los mas puros y menos cargados de materias minerales en disolucion; pero su calor es menos constante que el de los manantiales comprendidos entre 50 y 74°. La invariabilidad

de estos, bajo la relacion de la temperatura y de la composicion química, se ha conservado de una manera muy notable, al menos en Europa, desde hace cincuenta ó sesenta años, es decir, desde que la exactitud de nuestras medidas termométricas y de nuestras análisis ha permitido comprobarlo. Boussingault ha encontrado en las termas de las Trincheras, una variacion de 7 grados próximamente en veintitres años; su temperatura ha subido desde 90°,3 á 97° desde mi viaje en 1800, hasta 1823, época del de Boussingault (5). Este manantial, cuyas aguas corren con la mayor regularidad, tiene, pues, próximamente 7° mas de calor que los manantiales de Geyser y de Strokr últimamente estudiados con cuidado estremo por Krug de Nidda. La repentina aparicion del Jorullo, nuevo volcan cuya existencia se ignoraba antes de mi viaje á América, ha demostrado cómo pueden proceder los manantiales de agua caliente de las aguas pluviales que caen en el interior de la Tierra para reaparecer mas lejos, despues de haber estado en contacto con un foco volcánico. Cuando el Jorullo se elevó de repente en Setiembre de 1759, á 513 metros sobre las llanuras que le rodean, dos pequeños rios llamados de Cuitimba y San Pedro, desaparecieron á la par: algun tiempo despues fuertes sacudidas les abrieron salida, y reaparecieron bajo la forma de manantiales termales. En 1803 medí su temperatura y era de 65°,8.

Es cierto que los manantiales de la Grecia corren en la actualidad por los mismos lugares donde corrian en los tiempos helénicos. El manantial de Erasinos, situado á dos horas al Sud de Argos, en la vertiente de Chaon, ha sido citado por Herodoto. En Delfos se ve todavía la Cassotis (hoy la fuente de San Nicolás), que sale de la tierra al Sud de la Lesche, y cruza el templo de Apolo: la Castalia corre siempre al pié del Parnaso, y la del Pireno cerca de la Acrocorintia; las termas de Ædepso, á donde Sila se ba-

ñaba durante la guerra de Mitrídates, existen aun hoy en la Eubea (6). Cito con gusto estos detalles, porque enseñan que á pesar de los violentos temblores de tierra que agitan con tanta frecuencia aquel país, las capas interiores han conservado, al menos desde hace dos mil años, su forma primitiva, y hasta las pequeñas grietas por donde vierten sus aguas estos manantiales. La fuente surtidora de Lillers, departamento del Paso de Calais, fué horadada hácia el año 1126; desde esta época ha corrido sin interrupcion á la misma altura y con la misma abundancia. Finalmente, el hábil geógrafo de las costas de la Caramania, el capitan Beaufort, ha visto brillar, cerca del antiguo Phasélis, las llamas volcánicas que habia descrito Plinio como llamas vomitadas por la *Quimera de Lycio* (7). Al hacer notar Arago, desde 1821, que cuanto mas profundos son los pozos artesianos; mas elevada temperatura tienen sus aguas, ha esclarecido singularmente la teoría de las fuentes termales; porque esta observacion abre una nueva senda á las investigaciones que tienen por objeto fijar la ley del decrecimiento del calor interno del globo (8). Háse reconocido en estos últimos tiempos que San Patricio (9), obispo de Pertusa, se habia formado una idea muy exacta de estos fenómenos hácia fines del siglo III, al examinar las fuentes de agua caliente de Cartago. Le preguntaron cuál podría ser el orígen de estas aguas en ebullicion que salian del seno de la tierra, á lo que contestó: «que no solamente las nubes contenian fuego, sino que tambien se le encontraba en las profundidades de la tierra, como lo demostraban el Etna y otras montañas de los alrededores de Nápoles. Las aguas subterráneas suben por una especie de sifones; las que corren lejos del fuego interior aparecen frias; las que manan cerca de este fuego son calientes, y llegan á la superficie de la tierra que habitamos con un calor insoportable.»

Puesto que los temblores de tierra vienen frecuentemente acompañados de emisiones de agua y de vapores, podemos considerar las *salsas* ó pequeños volcanes de fango, como el punto de transicion de las emisiones gaseosas y de los manantiales termales á las espantosas erupciones de los montes ignívomos. Con efecto, si esos manantiales irregulares de materias fundidas, que llamamos volcanes, dan nacimiento á las rocas volcánicas, por su parte los manantiales termales, cuyas aguas están cargadas de ácido carbónico y de gas sulfuroso, producen por via de depósito, de una manera lenta, pero contínua, capas de travertino horizontalmente superpuestas, ó bien forman montecillos cónicos, como en la Argelia por ejemplo, y en los Baños de Caxamarca sobre la vertiente occidental de las cordilleras peruanas. Carlos Darwin ha encontrado restos de una vejetacion primitiva en el travertino de la tierra de Van-Diemen, cerca de Hobart-Town; y ya hemos citado las dos rocas, la lava y el travertino, cuya produccion se continúa aun á nuestra vista, con objeto de señalar los dos estremos de las formaciones geológicas.

Las *salsas* ó volcanes de fango merecen, en mi concepto, mayor atencion que la que han acostumbrado á concederles los geólogos. El haber desconocido la importancia de este fenómeno, depende de que hasta ahora no se ha considerado mas que la última de las dos fases que presenta, es decir, el período de calma en que persisten las salsas durante siglos enteros. La aparicion de las salsas va acompañada de temblores de tierra, de truenos subterráneos, del levantamiento de regiones enteras y de emisiones de llamas que se elevan á gran altura, si bien son de corta duracion. Cuando se formó la salsa de Jokmali, el 27 de Noviembre de 1827, en la península de Abscheron, al Oriente de Bakon (mar Caspio), las llamas subieron á una altura estraordinaria, y el fenómeno duró tres horas. Durante las veinte

siguientes se elevaron apenas á un metro sobre el cráter de erupcion del cieno. Cerca del pueblo de Baklichi, al Oeste de Bakon, la columna de fuego fué tan alta, que se distinguia á distancia de 4 ó 5 miriámetros. Enormes trozos de piedra, arrancados indudablemente de grandes profundidades, fueron arrojados á distancias muy considerables. En las inmediaciones de la salsa del monte Zibio, hoy en calma, cerca de Sassuolo, en la Italia septentrional, se ven todavía pedazos de aquella especie. La salsa siciliana de Girgenti (Macalubi), cuya descripcion nos dejaron los antiguos, se mantiene, de 15 siglos á esta parte, en el segundo período de su actividad, y la componen montecillos cónicos colocados por hileras de tan varia forma como altura, siendo esta última de 2, 3 y aun de 30 metros. De la cuenca superior, muy pequeña y llena de agua, manan torrentes de fango arcilloso acompañados de desprendimientos periódicos de gas. Ordinariamente estos fangos salen frios, pero hay parajes en que brotan calientes, como en Damak, por ejemplo, provincia de Samarang, en la isla de Java. Las erupciones gaseiformes acompañadas de ruido son tambien de naturaleza variable, y se ha encontrado en ellas el hidrógeno mezclado con vapores de nafta, de gas ácido carbónico y aun de azoe casi puro (10). La existencia de este último gas ha sido comprobada por Parrot en la península de Taman, y por mí mismo en los pequeños volcanes de Turbaco (América del Sud).

La aparicion de los volcanes de fango ofrece siempre cierto carácter de violencia, si bien no pueden quizás citarse dos fenómenos de este género que la ofrezcan en igual grado; despues de la primera erupcion acompañada de llamas, presentan al observador el aspecto de una actividad interior del globo terrestre, débil, es cierto, pero contínua, y que siempre va ganando terreno. Pronto llega á cortarse la comunicacion con las capas profundas en donde reina un

intenso calor, y vienen las erupciones de fangos frios á demostrarnos que el sitio del fenómeno en esta segunda fase no tiene quizás su asiento á mucha distancia de la superficie. La reaccion del interior del globo contra su corteza esterior se manifiesta con una fuerza completamente distinta en los volcanes propiamente dichos, esto es, en los puntos donde existe comunicacion, ya sea permanente, ya periódica, con un foco situado á gran profundidad. Es preciso distinguir cuidadosamente todos los efectos volcánicos mas ó menos pronunciados, tales como los temblores de tierra; las fuentes de agua caliente ó de vapores; los volcanes de fango; la ereccion de las montañas de traquita á manera de cúpula ó campana, pero sin escavacion; la formacion de una abertura en el vértice de estas montañas, ó la de un cráter de elevacion en los terrenos basálticos; y la aparicion final de un volcan permanente en estos mismos cráteres, ó en medio de los restos de su andamiada primitiva. En épocas diferentes, y segun sus distintos grados de actividad y de potencia, los volcanes permanentes emiten vapores acuosos ó ácidos, escorias incandescentes, y cuando las resistencias han sido vencidas, estrechas corrientes de lava fundida bajo la forma de prolongados arroyos de fuego.

Con no menor energía, si bien de una manera mas local, se ha manifestado tambien la reacion del interior de nuestro planeta en el solevantamiento de porciones aisladas de la costra terrestre, causado por los vapores elásticos, y que aparece bajo las formas de cúpulas redondas de traquita feldespática y de dolerita (Puy de Dome, Chimborazo); ó en el rompimiento de las capas á consecuencia de la presion de abajo á arriba y en la sucesiva elevacion de las mismas, de tal suerte que producen una vertiente interior, dando asi lugar á que se forme el recinto de un cráter de elevacion. Este cráter presenta el aspecto de una isla volcánica, cuando el fenómeno de que hablamos se efectúa en el fondo del mar,

cosa que no suele ser muy comun. De este modo se ha formado el circo de Nisyros en el mar Egeo (11), y el de Palma!, descrito con notable erudicion por Leopoldo de Buch. Sucede á veces que una mitad del recinto se destruye, y el mar labra en ella cuencas donde levantan sus celdillas las familias de los corales. Los cráteres de solevantamiento están con frecuencia llenos de agua aunque se hallen situados en lo interior de los continentes, y dan entonces al paisaje un carácter particular y un aspecto sumamente pintoresco. Su formacion es independiente de la naturaleza de los terrenos: se producen igualmente en el basalto que en el traquito, en el porfiro leucitico (Somma), ó en las mezclas de augita y de labrador análogas á la dolerita; y de aquí el que ofrezcan los bordes de los cráteres tan grande variedad de formas. «Estos recintos no presentan señal alguna de erupcion, en ellos no hay abierta comunicacion permanente con un foco subterráneo, y es raro encontrar vestigios, ni en el interior, ni en las cercanias de estos cráteres, de una actividad volcánica todavía en accion. Las fuerzas que producen efectos tan considerables han debido permanecer acumuladas por largo tiempo y hundirse en el interior, antes de vencer la resistencia que oponia la presion de la masa superior, y de haber podido levantar, por ejemplo, nuevas islas sobre el nivel del mar, quebrando rocas de formacion granítica y conglomerados (capas de toba que contienen plantas marinas). Los vapores fuertemente comprimidos se escapan por estos cráteres; pero la enorme masa asi levantada vuelve á caer, y cierra inmediatamente la abertura que originó aquel violento esfuerzo, de suerte que no llega á constituirse un volcan (12).»

Un volcan propiamente dicho, no existe sino allá donde hay una comunicacion permanente del interior del globo con la atmósfera. Entonces, la reaccion del interior con-

tra la superficie procede por largos periodos, pudiendo estar interrumpida durante siglos y reproducirse enseguida con nueva energía, como antiguamente acaeció en el Vesubio (Fisove) (13). En Roma pensábase ya en tiempo de Neron en colocar al Etna entre los volcanes que se apagan poco á poco (14); mas tarde afirmó Eliano que su vértice se hundia porque los navegantes no lo distinguian ya de tan lejos como otras veces (15). Si los indicios de la primera erupcion subsisten, y se conserva intacta la armazon primitiva, entonces el volcan se alza del centro de un cráter de levantamiento, y el cono de erupcion está rodeado de una muralla circular de rocas cuyo asiento ha sido fuertemente empujado hácia arriba. Algunas veces, no se encuentran vestigios del recinto que formaba esta especie de círculo, y en tales casos el volcan cuya figura no es siempre circular, se levanta inmediatamente sobre una meseta á la manera de prolongada cumbre; tal es el Pichincha, al pie del cual está construida la ciudad de Quito.

Asi como la naturaleza de las rocas, es decir, la mezcla ó la asociacion de las especies minerales simples que se reunen para formar el granito, la roca y el micasquisto, ó el traquito, el basalto y la dolerita, no depende de nuestros climas actuales, y permanece idéntica en todas las latitudes, asi tambien vemos que por do quiera las mismas leyes presiden al órden de superposicion de las capas que componen la corteza terrestre, á sus mútuas penetraciones y á los efectos de su levantamiento. Cabalmente en el aspecto de los volcanes, es donde se ha puesto de manifiesto esta identidad general de forma y de estructura. Cuando el navegante alejándose de su patria llega á otros cielos, en donde estrellas desconocidas sustituyen á las constelaciones que acostumbraba ver, encuentra en las islas y mares apartados palmeras, arbustos nuevos para él, y las especies raras

de una flora exótica; pero la naturaleza inorgánica le ofrece siempre parajes que le recuerdan las cúpulas redondeadas de las montañas de la Auvernia, los cráteres de levantamiento de Canarias ó de las Azores, el Vesubio y las grietas eruptivas de la Islandia. Basta dirigir una mirada al Satélite de nuestro planeta, para comprender la analogía que acabamos de señalar. Los mapas de la Luna, dibujados con ayuda de medianos telescópios, nos enseñan la superficie de este astro sembrada de vastos cratéres de levantamiento rodeados de eminencias cónicas ó encerrados en los recintos circulares que las mismas constituyen. Es imposible desconocer aquí, los efectos de una reaccion del interior del globo lunar contra las capas esteriores, reaccion eminentemente favorecida por la escasa pesantez que reina en la superficie de nuestro Satélite.

Si á los volcanes se llama con justa razon en muchas lenguas montañas ignívomas, no por ello deduciremos que estas montañas se hayan formado siempre por la acumulacion incesante de corrientes de lava. Su composicion parece mas bien resultar en general de un levantamiento brusco de las masas reblandecidas de traquito, ó de augita mezclada con labrador. La altura del volcan dá la medida de la fuerza que lo ha producido. Hay tanta variedad en esta altura, que ciertos cráteres tienen apenas las dimensiones de una simple colina (tal es el volcan de Cosima, una de las kuriles japonesas), en tanto que en otros paisajes se ven conos de 6,000 metros de elevacion. La altura de los volcanes, me ha parecido que ejerce una grande influencia en sus erupciones; y que su actividad esta en razon inversa de su altura. Consideremos en efecto, la serie siguiente: el Estromboli (707 metros); en la provincia de Quiros, el Guacamayo, que truena casi todos los dias, (yo lo he oido frecuentemente en las inmediaciones de Quito, á una distancia de 16 miríametros); el Vesubio (1181 metros); el

Etna (3313 metros); el Pico de Tenerife (3711 metros); el Cotopaxi (5812 metros). Si los focos de todos estos volcanes estuvieran situados á la misma profundidad, es evidente que la fuerza necesaria para elevar la masa de lava en fusion hasta sus repectivos vértices, debe crecer en proporcion de sus alturas. No ha de sorprendernos pues que el mas bajo de todos, el Estromboli se halle en plena actividad desde los tiempos de Homero, y sirva aun hoy de faro á los navegantes, en tanto que volcanes seis ú ocho veces mas elevados parecen condenados á largos intervalos de inaccion. Tales son, en su mayor parte, los colosos que coronan las cordilleras, cuyas erupciones se renuevan apenas una vez por siglo. Esta ley de que hablo marcada por mí hace tiempo, tiene á la verdad algunas escepciones, pero creo que pueden resolverse todas las dificultades admitiendo que la comunicacion del cráter con el foco volcánico, no es siempre igualmente libre y contínua en todos los volcanes. Por otra parte, concíbese que el canal de comunicacion de un volcan poco elevado pudiera obliterarse durante un cierto tiempo, y por consiguiente disminuirse sus erupciones sin que de aquí se deduzca su proxima estincion.

Las precedentes consideraciones acerca de la relacion que existe entre las alturas absolutas de los volcanes y la frecuencia de las erupciones, nos conducen naturalmente al exámen de las causas que determinan el derrame de la lava en tal ó cual punto de una montaña volcánica. Rara vez se verifica la erupcion por el cráter mismo, antes bien se efectúa por aberturas laterales situadas hácia aquellos puntos en que la pared de la montaña ofrece menos resistencia: observacion ya hecha sobre el Etna, el siglo XVI, por un jóven que fue mas tarde el célebre historiador Bembo (16). Fórmanse alguna vez conos de erupcion en estas grietas laterales, que han sido tenidos cuando grandes por

nuevos volcanes, por mas que su direccion comun con la de la grieta que le cierra, demuestra lo contrario. Los conos menos elevados toman una forma redondeada semejante á la de las campanas ó las colmenas, y se hallan reunidos en grupos en grandes estensiones de terreno. Tales son los *hornitos* de Jorullo (17), los conos que surgieron de los costados del Vesubio durante la erupcion de octubre de 1822, los del volcan de Awatcha, segun Postels, y los de Lavendfeld cerca de las montañas Baidares en el Kamtschatka, segun Erman.

En vez de estar libres y aislados en medio de las llanuras, pueden los volcanes hallarse rodeados como los de la doble cadena de los Andes de Quito, de una meseta de 3 ó 4,000 metros de elevacion. Esta circunstancia bastaria quizás para esplicar los fenómenos particulares de aquellos volcanes que no vomitan nunca lava, aun en medio de formidables erupciones de escorias incandescentes, y de esplosiones que se oyen á mas de cien leguas (18). Tales son los volcanes de Popayan, los de la meseta de los Pastos y los de los Andes de Quito, salvo el volcan de Antisana, único quizás que se esceptúa entre estos últimos.

Lo que da á un volcan su fisonomía particular, es en primer término: la altura del cono de cenizas; despues, la forma y la magnitud de su cráter. Pero estos dos elementos principales de la configuracion general de las montañas ignivomas, el cono de cenizas y el cráter, no dependen de ninguna manera de las dimensiones de la misma montaña. Asi, por ejemplo, la altura del cono del Vesubio es como $^1/_3$ de la de toda la montaña, al paso que en el Pico de Tenerife aquella altura es $^1/_{22}$ solamente de la altura total, no obstante que el Vesubio es de 3 veces menor elevacion que el Pico. Bajo este respecto, el Rucu-Pichincha, volcan mucho mayor que el de Tenerife, se asemeja al Vesubio.

De todos los volcanes que he visto en ambos hemisferios, el Cotopaxi es el que tiene el cono mas regular y mas pintoresco. El súbito deshielo de las nieves que le coronan anuncia la proximidad de la erupcion; y antes de subir el humo al aire enrarecido que se respira en el vértice y la abertura del cráter, las paredes del cono de cenizas llegan al estado de incandescencia, y brillan con luz rojiza, en tanto que la montaña aparece como una enorme masa negra de siniestro aspecto.

Situado casi siempre en la cima de la montaña el cráter de los volcanes, forma un valle profundo semejante á un cono truncado, cuyo fondo es casi siempre accesible á pesar de sus continuos cambios; y aun puede decirse que la mayor ó menor profundidad del cráter es un indicio que permite juzgar si la última erupcion es ó no reciente. Largas hendiduras, de donde se escapan torrentes de humo, ó bien pequeñas escavaciones circulares llenas de materias en fusion, se abren y se cierran alternativamente en este valle. El fondo se hincha ó se hunde, y levántanse allí montecillos de escorias y conos de erupcion que surgen á veces sobre los bordes del cráter, cambiando asi el aspecto de la montaña durante años enteros; pero á la erupcion siguiente, estos conos caen y desaparecen de repente. No deben por lo tanto confundirse, como ha acontecido con harta frecuencia, las aberturas de los conos de erupcion con el cráter mismo que las contiene. Cuando este último es inaccesible á causa de su profundidad y de la vertiente de sus paredes como sucede al Rucu-Pichincha (4,855 metros), podemos al menos colocarnos sobre el borde, y considerar los vértices del cono que se levanta desde el fondo del valle interior, rodeados de vapores sulfurosos. ¡Magnífico espectáculo! Nunca se me ha presentado la naturaleza bajo un aspecto mas grandioso que en los bordes del cráter de Pichincha. En el intervalo de una á otra erupcion puede

suceder que el volcan no produzca ningun fenómeno luminoso, y sí solo vapores de agua caliente que se escapan por las grietas; no siendo estraño encontrar en el área recalentada del cráter, montecillos de escorias á las cuales podemos aproximarnos sin peligro. En este último caso, es dado al geólogo viajero, entregarse sin temor al placer de ver en miniatura el espectáculo de una erupcion: masas de escorias inflamadas, arrojadas sin cesar por pequeños volcanes, caen sobre los lados de los montecillos, y cada esplosion se anuncia regularmente por un temblor de tierra puramente local. La lava sale algunas veces de las cavernas ó de los pozos que se forman en el mismo cráter; pero nunca llega á romper las paredes ni á esparcirse por encima de los bordes. Si tiene lugar entre tanto una ruptura en las laderas de la montaña, la lava sale entonces por ella, y la corriente ígnea sigue una direccion tal, que el fondo mismo del cráter propiamente dicho, no deja de ser accesible en la época de sus erupciones parciales. Para dar una idea exacta de estos fenómenos, tan frecuentemente desfigurados por narraciones fantásticas, hemos debido insistir en la descripcion de la forma y de la estructura normal de los montes ignivomos, cuidando sobre todo fijar el sentido de las palabras *cráteres*, *volcanes*, *cono de erupcion*, cuya vaguedad y diferentes acepciones han introducido tanta confusion en esta parte de la ciencia.

Los bordes del cráter están menos espuestos á variar de lo que á primera vista pudiera creerse, pues está demostrado por la comparacion de las medidas de Saussure con las mias, que en el espacio de cuarenta y nueve años (de 1773 á 1822), el borde del Vesubio situado hácia el Noroeste (Roca del Palo), ha conservado la misma altura sobre el nivel del mar, al menos dentro del límite de los errores de la observacion (19).

Los volcanes se elevan sobre la línea de las nieves per-

pétuas, como los de la cadena de los Andes, presentan fenómenos particulares. Las masas de nieve que los envuelven se derriten repentinamente durante las erupciones, y producen inundaciones poderosas, torrentes que arrastran en pos de sí pedazos de hielo y escorias humeantes. Estas nieves ejercen tambien una accion contínua durante el periodo de calma del volcan, por sus filtraciones incesantes en las rocas de traquito. Las cavernas que se hallan en las laderas de la montaña ó en su base, se transforman poco á poco en receptáculos subterráneos que se comunican por estrechos canales con los arroyos alpinos de la meseta de Quito. Los peces de estos arroyos se multiplican preferentemente en las tinieblas de las cavernas; y cuando las sacudidas que preceden siempre á las erupciones de las cordilleras quebrantan la masa entera del volcan, las bóvedas subterráneas, abriéndose de repente, vomitan á la vez agua, peces y fango tobáceo. A este singular fenómeno deben los habitantes de las llanuras de Quito, el conocimiento del pececillo *Pimelodes Cyclopum*, que ellos llaman *Preñadilla* (20). En la noche del 19 al 20 de junio de 1698, el vértice del monte Carguairazo de 600 metros de altura, se hundió súbitamente, escepto dos enormes pilares, últimos vestigios del antiguo cráter, dejando estéril una estension próximamente de siete leguas cuadradas, y toda ella cubierta de toba desleida y limo arcilloso (*lodazales*) cuajada de peces muertos. Las fiebres perniciosas que se declararon siete años despues en la ciudad de Ibarra, al norte de Quito, fueron atribuidas á la putrefaccion de un gran número de peces muertos que el volcan Imbabaru habia arrojado.

Como los fangos y las aguas no salen del cráter mismo, sino de las cavernas que existen en la masa traquítica de la montaña, su aparicion no es un fenómeno volcánico en el sentido estricto de la palabra, y solo se refiere de una manera indirecta á la erupcion del volcan. Podria decirse otro

tanto de el fenómeno meteorológico singular que he descrito en otro lugar con el nombre de *tempestad volcánica*.

Vapores acuosos y estremadamente calientes se escapan del cráter durante la erupcion, se elevan á muchos millares de metros en la atmósfera, y forman al enfriarse una espesa nube alrededor de la columna de humo y de cenizas. Su condensacion súbita, y segun Gay-Lussac la formacion de una nube de ancha superficie, aumentan la tension eléctrica: escápanse relámpagos serpenteando del seno de la columna de cenizas; y distínguese perfectamente el retumbar del trueno y estallido del rayo en medio del ruido que se produce en el interior del volcan. Tales fueron en efecto, en los últimos dias de octubre de 1822, los fenómenos que pusieron término á la erupcion del Vesubio. Segun Olafsen, el 17 de octubre de 1755, durante la erupcion de Katlagia (Islandia), estalló un rayo de estas nubes volcánicas y mató dos hombres y once caballos.

Este cuadro general de los fenómenos volcánicos, seria incompleto, si nos limitásemos á describir su actividad dinámica y la estructura de los volcanes; réstanos, pues, arrojar una mirada sobre la inmensa variedad de sus pro. ductos materiales. Las fuerzas subterráneas destruyen las antiguas combinaciones de los elementos para formar con ellos otras nuevas, ejerciendo su accion sobre la materia liquefactada por el calor, durante todo el tiempo que permite el estado de fluidez ó de disgregacion de la misma materia. Las líquidas, ó simplemente reblandecidas, se solidifican bajo la influencia de una presion mas ó menos considerable; y esta diferencia de presion parece ser la causa principal de la que existe entre las rocas *plutónicas* y las rocas *volcánicas*. El nombre de *lava* se aplica á las materias fundidas que salen en prolongadas corrientes de un orificio volcánico. Cuando varias de estas corrientes se encuentran, y son detenidas por un obstáculo, se ensan-

chan, llenan grandes depósitos y se solidifican en ellos formando capas superpuestas. Esto es todo lo que puede decirse en general acerca de la especie de actividad volcánica de que se trata.

Fragmentos de rocas pertenecientes á los terrenos que atraviesan los volcanes, son frecuentemente arrojados al esterior con una envuelta de orígen ígneo. De esta manera he visto fragmentos angulares de sienita feldespática contenidos en la lava negra del volcan mejicano de Jorullo, lava compuesta especialmente de augita. En el Vesubio se encuentran masas de dolomia y de caliza granular que contienen magníficos grupos de minerales cristalizados (vesuvianas y granates cubiertos de meionita, de nefalina y sodalita); pero estas masas no han sido lanzadas por el Vesubio, «mas bien pertenecen á capas de toba, formacion muy estendida y mas antigua que el levantamiento del Samma ó del Vesubio, probablemente producidas por la accion volcánica submarina, cuyo foco debia estar situado á una gran profundidad (21).» Entre los productos de los volcanes que actualmente existen, se encuentran cinco metales, que son: el hierro, el cobre, el plomo, el arsénico y el selenio, descubierto este último por Stromeyer en el cráter de Volcano. Los vapores de las humerolas contienen sublimaciones de cloruro de hierro, de cobre, de plomo y de amoniaco. Grandes cantidades de hierro especular (22), y de sal marina, llenan las cavidades de las corrientes de lava reciente y tapizan las hendiduras que se forman en las paredes del cráter.

La composicion mineralógica de la lava varía segun la naturaleza de las rocas cristalinas que constituyen el volcan; segun la altura del punto en que se efectúa la erupcion (ya sea al pie de la montaña, ya mas cerca del cráter); y, por último, segun el calor mas ó menos fuerte que reina en el interior. En algunos volcanes faltan completamente

varios productos vitrificados, como la obsidiana, la perlita y la pomez; en otros, estas rocas provienen del cráter, ó de puntos situados interiormente á pequeñas profundidades. El estudio de estas relaciones, importantes pero complejas, exige una gran exactitud en la análisis química ó cristalográfica. Mi compañero de viaje en Siberia, Gustavo Rose, y posteriormente Hermann Habich, han obtenido ya felices resultados en sus investigaciones acerca de la estructura de esas rocas volcánicas tan variadas.

Las emisiones gaseosas están formadas en gran parte por vapores de agua pura; se condensan y dan orígen á manantiales como los que sirven á los cabreros de la isla de Pantellaria. En la mañana del 26 de octubre de 1822 se vió salir por una hendidura lateral del cráter del Vesubio una corriente que por algun tiempo se creyó fuese de agua hirviendo; pero examinándola mas de cerca Monticelli, halló que era solo una corriente de ceniza seca, de lava reducida á polvo por el rozamiento, que corria como fina arena. La aparicion de las cenizas que se elevan en los aires arrojadas por los vapores, como una columna inmensa que oscurece la atmósfera por espacio de algunas horas y aun de dias enteros, señala ordinariamente el fin de las grandes erupciones, bañando, por decirlo así, de ceniza las hojas de los árboles, y dañando particularmente á las viñas y á los olivares.

Esta columna ascendente de ceniza es la que Plinio el Jóven describe en su célebre carta á Tácito, comparándola á un pino que no tenga mas ramas que las de la copa. Los resplandores que se divisan durante las erupciones de escorias, y el brillo rojizo de las nubes situadas por encima del cráter, no son verdaderas llamas, ni pueden atribuirse á la combustion de gas hidrógeno; son, sí, reflejos de la luz de las masas incandescentes lanzadas por el volcan á gran altura, y provienen tambien del mismo cráter, que ilumi-

na los vapores ascendentes. En cuanto á las llamas que se han visto salir del fondo del mar, como en tiempo de Strabon, durante las erupciones de volcanes situados cerca de a costa, ó poco antes del levantamiento de una nueva isla, nada nos atrevemos á decidir.

Preguntar qué cosa *quema* en los volcanes, buscar lo que engendra el calor, funde los metales y las rocas, y produce las corrientes de lava de gran espesor (23) que conservan una temperatura muy elevada aun al cabo de muchos años despues de su salida del cráter, es prejuzgar ya la cuestion; pues al menos se admite implicitamente que todo volcan supone un conjunto de materias combustibles, propias para alimentar su actividad, de igual manera que los echos de carbon de piedra alimentan incendios subterráneos. Siguiendo las diversas fases que las ciencias químicas han recorrido, vemos que los fenómenos volcánicos se han atribuido sucesivamente al betun, despues á las piritas ó á una mezcla húmeda de azufre y de hierro reducidos á polvo, ya á los piróforos naturales, ya á los metales alcalinos y térreos. Apresurémonos á decir que el célebre químico sir Humphry Davy, á quien debemos el descubrimiento de los metales alcalinos, en su última obra *Consolations in travel and last days of á Philosopher*, libro cuya lectura inspira un profundo sentimiento de tristeza, ha renunciado espontáneamente á su hipótesis química. La densidad media de la Tierra (5,44) comparada con los pesos específicos mucho menores del potasio (0,865), del sodio (0,972), y de los metales térreos (1,2): la carencia de hidrógeno en las emanaciones gaseiformes de las hendiduras volcánicas ó de as lavas acaso calientes, y muchas otras consideraciones químicas (24), están en abierta contradiccion con las antiguas ideas de Davy y d'Ampere. Si la erupcion de las lavas diese lugar á un desprendimiento de hidrógeno ¡cuán enorme no deberia ser la masa de gas desprendido, cuando la

lava que se escapa de un cráter de erupcion cubre regiones enteras y adquiere un espesor de muchos centenares de piés, donde quiera que la detiene algun obstáculo! Tales fueron, sin embargo, segun Mackenzie y Soemund Magnussen, las consecuencias de una erupcion que tuvo lugar en Islandia al pié del Skaptar-Jœkul, desde el 11 de Junio al 3 de Agosto de 1783. Por ventura, ¿querrá recurrirse para fijar la hipótesis de una combustion subterránea, á la introduccion del aire en el interior de los volcanes, ó como se dice metafóricamente, á una inspiracion de nuestro planeta? En este caso nos encontramos con dificultades análogas á las anteriores; porque si en aquella suposicion era el hidrógeno el que faltaba entre los productos de los volcanes, en esta otra es el ázoe, del cual se encuentran apenas algunos vestigios en sus exhalaciones. Una actividad tan poderosa y tan generalmente estendida en las entrañas de la Tierra, no puede tener su orígen en las reacciones químicas que se engendran al contacto de ciertas sustancias, particulares de algunas localidades. La nueva geognosia prefiere buscar la causa en el calor central de nuestro globo, cuya existencia se revela en la superficie por la temperatura que crece rápidamente con la profundidad bajo todas latitudes, y cuyo orígen se remonta á épocas cosmogónicas en que nuestro planeta mismo fue formado por la condensacion progresiva de una parte de la atmósfera nebulosa del Sol.

La ciencia de la naturaleza, lo hemos recordado muchas veces, no es una árida acumulacion de hechos aislados, ni está limitada por los estrechos términos de la certidumbre matemática, antes bien debe elevarse á miras generales y concepciones sintéticas. ¿Por qué ha de prohibirse al espíritu humano subir hácia el pasado arrancando del presente, adivinar lo que no puede demostrar, y perseguir, en fin, la solucion del problema en todo tiempo planteado á su ac-

tividad aun bajo las variadas formas de los *mitos* de la geognosia? Si los volcanes son para nosotros *fuentes intermitentes*, pero irregulares, de donde salta una mezcla fluida de óxidos metálicos, de álcalis y de tierra, bajo la poderosa presion de los vapores elásticos; y si estos manantiales ígneos corren tambien tranquilos y apacibles, allá donde las masas liquefactadas han hallado una salida permanente, ¿podemos olvidar cuan próximo estuvo Platon á estas ideas, cuando aquel gran filósofo atribuia á las erupciones volcánicas y al calor de las fuentes termales, una causa única, universalmente estendida por las entrañas de la tierra, y simbolizada por un rio de fuego subterráneo, el *Pyriphlegethon* (25)?

Independientes de la influencia de los climas en su modo de distribucion geográfica, hánse dividido los volcanes en dos clases esencialmente diferentes: los *volcanes centrales* y las *cadenas volcánicas*. «Los primeros forman siempre el centro de un grupo de volcanes secundarios muy numeroso y regularmente dispuestos en todos sentidos; al paso que los de las cadenas volcánicas están escalonados á cortas distancias en una misma direccion, como chimeneas que se hubieran formado sobre una gran falla. Esta segunda clase se subdivide á su vez en otras dos: ó bien los volcanes de una misma cadena se elevan del fondo del mar en forma de islotes cónicos, y entonces están ordinariamente distribuidos al pié de una cadena de montañas primitivas que corre en la misma direccion, ó bien están colocados entre la línea culminante de la cadena primitiva cuyas cimas forman (26)». El Pico de Tenerife, por ejemplo, es un *volcan central*, y el centro de un grupo al cual pertenecen las islas volcánicas de Palma y Lanzarote. El inmenso baluarte natural que se estiende desde el Chile meridional hasta la costa Noroeste de América, ya simple, ya dividida en dos ó tres ramales paralelos, reanudados de trecho en trecho por estrechas ar-

ticulaciones trasversales; la cadena de los Andes, en una palabra, nos ofrece en gran escala el ejemplo de una *cadena volcánica*, colocada en tierra firme. En esta cadena la proximidad de los volcanes activos se anuncia constantemente por la brusca nivelacion de ciertas rocas (dolerita, melafiro, traquito, anderita, porfiro diorítico) que han atravesado las primitivas, los terrenos de transicion formados de arcilla ó greda y los estratos recientes. De esta observacion deduje yo, hace ya tiempo, que las rocas esporádicas que acabo de enumerar han sido la base del fundamento de los antiguos fenómenos volcánicos y causa determinante de las erupciones. Al pié del poderoso Tunguragua, cerca de Ponipe (á orillas del Rio-Puela) vi claramente por primera vez una roca volcánica que atravesó una capa de micasquisto asentada sobre el granito.

Cuando los volcanes de las *cadenas volcánicas* del nuevo Continente están muy próximos, existe entre ellos una cierta conexion. La actividad volcánica parece propagarse lentamente en el Perú, de muchos siglos á esta parte, en direccion de Sud á Norte. El foco general se estiende por debajo de toda la meseta que forma la provincia de Quito (27), abriéndose aquí y allí respiraderos que establecen comunicaciones entre este foco y la atmósfera: tales son los volcanes de Pichincha, de Cotopaxi y de Tunguragua; sus elevadas cimas y distribucion pintoresca forman el cuadro mas grandioso que se puede encontrar en region volcánica tan cerrada. Las estremidades de estas cadenas volcánicas se hallan pues ligadas entre sí por comunicaciones subterráneas; y las numerosas pruebas que justifican este aserto recuerdan una frase muy notable de Séneca, que dice: «un cráter no es mas que la salida de las fuerzas volcánicas que obran á gran profundidad (28).» Una dependencia mútua enlaza los volcanes de la meseta mejicana, el Orizaba, el Popocatepell, el Jorullo y el Colima, situados todos en la misma

direccion sobre una gran falla que se estiende trasversalmente de un mar á otro, entre los 18° 59′ y 19° 12′ de latitud septentrional. Precisamente en esta direccion, reconocida y señalada por mí (29), sobre la misma falla, fué donde surgió el volvan de Jorullo el 29 de Setiembre de 1759 á 513 metros sobre las llanuras que le rodean. Solo una vez ha vomitado lava este volcan, así como el monte Epomeo, en la isla de Ischa, que tampoco tuvo mas que una erupcion hácia el año 1302.

Pero si el Jorullo, situado á 15 miriámetros de todo volcan activo, puede pasar por una *montaña nueva*, en la verdadera acepcion de esta palabra, no debe su aparicion, sin embargo, asemejarse á la del Monte-Nuovo (19 de setiembre de 1538), que no es mas que un simple *cráter de levantamiento*. En mi opinion es mas exacta y mas natural la comparacion, que ya antes habia yo hecho, de la súbita ereccion del volcan mejicano, con el levantamiento volcánico del pico de Metonia (hoy Metana) en la Península de Trezena. Este último fenómeno, descrito por Strabon y por Pausanias, dió orígen en la brillante imaginacion de un poeta romano á consideraciones que sorprenden por su admirable afinidad con las ideas actuales. «Cerca de Trezena se alza un pico árido y escarpado que antes era una llanura y ahora se halla convertido en colina. Los vapores encerrados en sombrías cavernas en vano buscaban una salida; mas á su poderoso esfuerzo inflóse el suelo como una vegiga que se llena de aire, ó como un odre hecho con piel de cabra. La Tierra así levantada, ha conservado la forma de una alta colina, trocada por el tiempo en duro peñasco.» El Pico de Metonia se elevó entre Trezena y Epidaura en un sitio en que Russegger encontró venas de traquito; y su formacion se remonta á 282 años antes de nuestra Era, es decir, á 45 años antes de la separacion volcánica de Tera (Santorin) y de Terasia. Añadiremos que cuantos hechos

análogos son hoy del dominio de la ciencia justifican la poética descripcion que nos ha dejado Ovidio de aquel suceso tan grande como natural (30). La mas importante de todas las Islas eruptivas que son parte de cadenas volcánicas, es Santorin. «Santorin es el tipo completo de las islas de levantamiento. Desde 2,000 años acá, tan lejos como la historia y la tradicion pueden remontarse, se está viendo á la naturaleza trabajar sin descanso para abrir un volcan en medio del cráter de levantamiento» (31). En la isla de San Miguel, una de las Azores, pasan tambien fenómenos semejantes, que se reproducen en periodos de ochenta á noventa años (32); pero el solevantamiento del fondo del mar no ha ocurrido siempre en los mismos parajes. La Isla Sabrina, llamada asi por el capitan Tillard, apareció el 30 de enero de 1811, si bien los sucesos políticos de aquella época no permitieron por desgracia á las potencias marítimas de la Europa Occidental prestar á este gran fenómeno toda la atencion de que fué objeto mas tarde (33) la efímera aparicion de la Isla Ferdinandea, ocurrida en 2 de julio de 1831 en el mar de Sicilia, entre las costas calizas de Seiacca y la isla volcánica de Pantelaria.

El gran número de volcanes activos situados en las islas ó en las costas, y las erupciones submarinas que se producen todavía de tiempo en tiempo, han hecho pensar que la actividad volcánica está subordinada á la proximidad del mar, y háse creido que la una no podia desarrollarse ni durar sin la otra. «El Etna y las islas Eólicas, dice Justino (34), ó mas bien Trogue Pompeyo estractado por Justino, arden desde hace ya muchos siglos, ¿pues como este fuego podria durar tanto tiempo si el mar no lo alimentara?» Aceptando estas ideas antiguas como punto de partida, se ha procurado últimamente fundar toda la teoría de los volcanes sobre la hipótesis de la introduccion de las aguas marinas en sus focos, es decir, en las capas mas profundas de

la corteza terrestre. Esta teoría produjo una discusion muy complicada; mas sin embargo, despues de bien considerados los datos que actualmente posee la ciencia, paréceme que el debate podia reasumirse en las cuestiones siguientes: ¿Los vapores acuosos que incontestablemente exhalan los volcanes en gran cantidad, aun en sus periodos de reposo, provienen de las aguas saladas del mar ó de las aguas dulces meteóricas? ¿La fuerza de espansion del vapor de agua que se desarrolla á diversas profundidades en los focos de los volcanes (á poco mas de 28,600 metros de profundidad esta fuerza seria igual en 2,800 veces á la de la atmósfera), puede formar equilibrio con la presion hidrostática de las aguas del mar, y permitirla en ciertos casos un libre acceso á los focos volcánicos (35)? ¿La produccion de una gran cantidad de cloruros metálicos; la presencia de la sal marina en las hendiduras de los cráteres, y la del ácido hidroclórico libre en los vapores acuosos que se desprenden de aquellos, suponen necesariamente la intervencion de las aguas del mar? ¿La inactividad de los volcanes, ya temporal, ya permanente y definitiva, está determinada por la obliteracion de los canales que primitivamente han conducido hácia sus focos las aguas del mar ó las aguas meteóricas? Finalmente y sobre todo ¿como conciliar la carencia de llamas y la falta de gas hidrógeno durante el periodo de actividad, con la hipótesis que atribuye esta actividad á la descomposicion de una enorme masa de agua? (no hay que perder de vista que el desprendimiento de hidrógeno sulfurado es propio de las sulfataras, mas bien que de los volcanes activos).

Debo circunscribirme á plantear estas importantes cuestiones de física general, porque su discusion no cabe en los límites de esta obra. Pero puesto que se trata de la distribucion geográfica de los volcanes, séame permitido al menos restablecer en su integridad los hechos que no se han tenido suficientemente en cuenta, al suponer que la

proximidad del mar es una condicion necesaria á la actividad volcánica. Hállanse en el nuevo mundo tres volcanes, el Jorullo, el Popocatepell, y el volcan de la Fragua, situados respectivamente á 15, 25, y 29 miríametros de las costas del Océano. En el Asia central casi á igual distancia del mar glacial y del Océano Indico (á 273 y 284 miríametros), se estiende una gran cadena de montañas volcánicas, el Thian-Chan, ó *montañas celestes*, señaladas á la atencion de los geólogos por Abel Remusat (36), de la que forman parte el Pé-chan, que arroja lava, la sulfatara de Urum-tsi, y el volcan, aun activo, de Turfan (Hotsen). El Pé-chan está situado á 250 miríametros del mar Caspio, á 32 y 39 miríametros de los grandes lagos de Issikul y de Balkasch (37); los escritores chinos han descrito sus erupciones, que en el siglo 1.º y en el 7.º de nuestra Era devastaron los paises limítrofes; es imposible dejar de reconocer *las corrientes de lava*, cuando dicen: «Las masas de piedra fundida, no menos fluidas que la manteca derretida, corrian por una estension de 10. *li*». Finalmente entre las cuatro grandes cordilleras paralelas, el Altai, el Thian-chan, el Kouen-lun, y el Himalaya que atraviesan de Este á Oeste el continente Asiático, las dos interiores, situadas á 297 y 134 miríametros del mar, son cabalmente las que poseen volcanes que vomitan fuego como el Etna y el Vesubio, y exhalan vapores amoniacales, como los volcanes de Guatemala, mientras que no existe ninguno en las cordilleras mas proximas del mar, en el Himalaya. Los fenómenos volcánicos no dependen, pues, de la proximidad del mar, en el sentido de que deban su orígen á la introduccion de las aguas en las regiones subterráneas; que si las costas al parecer ofrecen favorable asiento á las erupciones, es en razon de que forman los bordes de profundas llanuras ocupadas por el mar, y de que estos bordes cubiertos solamente por las capas de agua,

y situados á mayor abundamiento á algunos miles de metros bajo el nivel del interior de los continentes, deben presentar en general á la accion de las fuerzas subterráneas, mucho menos resistencia que la tierra firme.

La formacion de los volcanes actuales cuyos cráteres establecen una comunicacion permanente, entre la atmósfera y el interior del globo, no debe ser de época muy remota, porque las capas de creta mas elevadas, como todas las formaciones terciarias, existian antes que estos volcanes, como lo demuestran las erupciones de traquito y los basaltos que constituyen por lo comun las paredes de los cráteres de levantamiento. Los melafiros se estienden hasta las capas medias terciarias, pero empieza ya á mostrarse bajo de la formacion jurasica, puesto que atraviesan los abigarrados asperones (38). Conviene no confundir los cráteres actualmente en accion, con las erupciones anteriores de granito, de porfiros cuarzosos, y de eufótida, que se efectuaron por las fallas del antiguo terreno de transicion.

La actividad volcánica puede desaparecer completamente, como ha sucedido en Auvernia; algunas veces cambia de lugar y busca otra salida en la mismas cadenas de montañas, y entonces la estincion no es mas que *parcial*. Sin necesidad de remontarnos mas allá de los tiempos históricos, encontramos ejemplos de estincion *total* mucho mas recientes que los de la Auvernia. En efecto, el Mosychlos (39), volcan situado en la isla consagrada á Vulcano, y cuyos «torbellinos de llamas» cita Sófocles, está en la actualidad apagado; y otro tanto puede decirse del volcan de Medina, que, segun Burckhardt, vomitó el último torrente de lava el 2 de Noviembre de 1276. Cada fase de la actividad de los volcanes desde su nacimiento hasta su estincion, está caracterizada por productos diferentes. En primer lugar vomita el volcan escorias incandescentes, corrientes de lava formada de traquito, pírogeno

y obsidiana, fragmentos de piedra pómez y de lava reducida á cenizas, acompañados de un desprendimiento considerable de agua casi siempre pura. Mas tarde el volcan llega á convertirse en solfàtara, y los vapores acuosos que arroja van mezclados de hidrógeno sulfurado y ácido carbónico. Finalmente, el cráter mismo se enfria enteramente, y solo exhala gas ácido carbónico. Existe, sin embargo, una especie singular de volcanes, tales como el Galunggungo de Java, que no vomitan lava, sino torrentes devastadores de agua hirviendo cargados de azufre en combustion y de rocas reducidas á polvo (40). Antes de decidir si su estado actual es un estado normal ó una simple modificacion pasagera de la actividad volcánica, es necesario esperar á que hayan sido examinados por geólogos iniciados en las doctrinas de la química moderna.

Hemos llegado al término de la descripcion general de los volcanes, una de las mas importantes manifestaciones de la actividad interior de nuestro planeta; descripcion fundada parte en mis propias observaciones, y parte en los trabajos de mi amigo Leopoldo de Buch, el mejor geólogo de nuestra época, y el primero que ha reconocido la íntima conexion y dependencia mútua de los fenómenos volcánicos. Estos trabajos me sirvieron de guia, principalmente en lo que se refiere á los contornos generales.

Durante mucho tiempo se ha considerado la *vulcanicidad* (reaccion del interior de un planeta contra su corteza) como un fenómeno aislado, como una fuerza local, notable únicamente por su potencia de destruccion. Estaba reservado á la nueva geonesia colocarse en un punto de vista mas elevado y estimar á las fuerzas volcánicas como *formando nuevas rocas*, ó como *modificando las preexistentes*. Bajo el punto de vista que hemos ya señalado, dos ciencias diferentes, la parte mineralógica de la geognosia (estructura y sucesion de las capas terrestres), y el estudio geográfico de la

forma de los continentes y de los archipiélagos levantados sobre el nivel del mar, vienen á confundirse en una sola y única doctrina: la de la vulcanicidad. Si la ciencia ha logrado reducir así á una sola concepcion dos grandes clases de fenómenos, débelo á la direccion verdaderamente filosófica que siguen hoy todos los geólogos. Las ciencias proceden en su marcha como los grandes intereses políticos de la humanidad; es decir, que tienden incesantemente á llevar á la unidad las partes que han permanecido separadas largo tiempo.

Las rocas pueden clasificarse, segun sus diferencias de estructura ó de superposicion, en *estratificadas* y *no estratificadas*, en *laminosas* y *compactas*, en *normales* y *anormales*; pero cuando se trata de descubrir por el estudio de los fenómenos que se producen aun á nuestra vista, de qué manera han sido formadas las rocas y modificadas despues, vemos que pueden distribuirse en cuatro especies fundamentales, conviene á saber:

1.° *Rocas de erupcion*, salidas del interior de la tierra, ya *volcánicamente* en estado de *fusion*, ó *plutónicamente* en estado de *reblandecimiento* mas ó menos fuerte.

2.° *Rocas de sedimento*, precipitadas ó depositadas del fondo de un medio líquido, en el cual estaban primitivamente disueltas ó en suspension. Tal es la mayor parte de los grupos secundario y terciario.

3.° *Rocas transformadas* (metamórficas), cuya testura y modo de estratificacion han sido alterados ya por el contacto ó por la proximidad de una roca de erupcion plutónica ó volcánica (rocas endógenas) (41), ó por la accion de los vapores y de las sublimaciones (42) que acompañan la salida de ciertas masas en estado de fluidez ígnea, que es el modo de alteracion mas frecuente.

4.° *Rocas conglomeradas* ó simplemente *conglomerados*, (asperones de granos finos ó bastos, y algunos mármoles).

Los cuales se componen de restos de las tres clases precedentes mecánicamente divididas.

Estas cuatro especies de rocas se producen todavía á nuestra vista por el derramamiento de masas volcánicas en corrientes estrechas, por la accion de estas masas sobre las rocas antiguas, por la separacion mecánica ó química de las materias suspendidas ó disueltas en aguas cargadas de ácido carbónico, y finalmente, por la cimentacion de los detritos de las rocas de cualquier naturaleza. Pero todo esto no es sino un pálido reflejo de lo que ha pasado durante el período caótico del mundo primitivo; siendo entónces muy diferentes las condiciones de calor y de presion, la actividad de nuestro globo se desarrollaba con mas energía en un suelo menos resistente y en una atmósfera mas estensa y mas cargada de vapores. Hoy, las enormes fracturas de la corteza terrestre han desaparecido; los anchos huecos de las capas superficiales ya consolidadas, se han llenado de cadenas de montañas levantadas y empujadas al esterior por las fuerzas subterráneas ó las rocas de erupcion (el granito, el pórfiro, el basalto, y el meláfiro); y apenas han quedado sobre una estension tal como la de Europa, cuatro aberturas, cuatro volcanes por donde puedan hacer irrupcion las materias ígneas. En otro tiempo, la corteza naciente fracturada en todos sentidos, poco compacta á la sazon y sometida á fluctuaciones continuas que ya la levantaban, ya la deprimian, dejaba comunicar casi por todas partes la masa interior en fusion con la atmósfera; y los efluvios gaseosos, cuya naturaleza química debia variar tanto como las profundidades de donde se escapaban, venian á dar como una vida nueva á los desarrollos sucesivos de las formaciones plutónicas ó metamórficas. Lo que acabamos de decir acerca del período ígneo, puede tambien aplicarse á la época en que se formaron los terrenos de sedimento. Las capas de travertino que se depositan diariamente en Roma, como en

Hobert-Town, en Australia, nos dan la imágen, pero una imágen muy debilitada, de la formacion de los terrenos fosilíferos. Bajo influencias todavía poco conocidas, nuestros mares actuales producen incesantemente por vía de precipitacion, de aluviones y de cimentacion, en las costas de Sicilia, en las de la isla de la Ascension y en la laguna del rey Jorje (Australia), pequeños bancos calcáreos, en los cuales ciertas partes han adquirido una dureza comparable á la del mármol de Carrara (43). Estas formaciones del Océano actual han sepultado en las costas de las Antillas productos de la industria humana, y hasta esqueletos de la raza caribe (en Guadalupe). Los negros de las colonias francesas llaman á estas formaciones *maconne-bon-Dieu* (44). Háse encontrado en una de las islas Canarias, la de Lanzarote, una pequeña capa de oolita, que á pesar de su novedad recuerda el calcáreo de Jura, y es producto del mar y de las tempestades (45).

Las rocas compuestas son asociaciones determinadas de ciertos minerales simples, tales como el feldespato, la mica, la sílice, la augita y la nefelina. Los volcanes producen aun á nuestra vista rocas semejantes á las del mundo primitivo, si bien los elementos están agrupados diferentemente en las unas y las otras. Hemos dicho mas arriba (46) que no existe ninguna relacion entre los caractéres mineralógicos y la distribucion geográfica de las rocas; y en efecto, el geólogo se admira al ver en las zonas mas distantes del Norte y del Sud del Ecuador, repetirse los menores detalles en la disposicion alternada de las capas siluricas, y reproducirse los mismos efectos al contacto de las masas augíticas de erupcion. Consideremos ahora mas inmediatamente las cuatro clases fundamentales de rocas (clases correspondientes á cuatro fases de formacion) que nos presentan las capas estratificadas ó macizas de la corteza terrestre. Y ante todo, entre las rocas endógenas ó de erupcion que la geognosia

moderna ha designado bajo los nombres de rocas *macizas* y *anormales,* encontramos varios productos de la accion inmediata de las fuerzas subterráneas, cuyos grupos principales pasamos á enumerar, y son los siguientes:

El *granito* y la *sienita*, que pertenecen á épocas muy diferentes, no obstante lo cual el primero atraviesa por lo comun á la segunda (47), en cuyo caso es su orígen mas reciente que la fuerza que ha introducido el levantamiento de la sienita. Cuando el granito aparece en grandes masas aisladas bajo la forma de elipsóides, ligeramente abovedados, ya sea en el Hartz, en el Mysora ó en el Bajo Perú, siempre tiene sobre sí una corteza dividida en pedazos. Esta especie de mar formado de rocas debe su orígen probablemente á la contraccion de la superficie primitiva del granito (48). En el Asia septentrional (49), sobre las orillas pintorescas del lago Kotivan (Altay), como sobre las vertientes de la cordillera marítima del Caracas, en las Trincheras (50), he visto tambien hiladas de granito cuyas divisiones provienen sin duda de una contraccion análoga; pero me ha parecido que esta estructura se estendia profundamente por debajo de tierra. El aspecto de las rocas de erupcion sin vestigios de gneiss, que he encontrado en las fronteras de la provincia china de Ili (al Sur del lago Kolivan, entre Buchtarminok y el rio Narym), me sorprendió estraordinariamente; nunca habia visto nada semejante en las demás partes del mundo. El granito, siempre desconchado en la superficie, siempre caracterizado por divisiones prismáticas, se eleva en la estepa, ya en pequeños montecillos hemisféricos de dos ó tres metros de altura á lo sumo, ya como el basalto, en forma de copa, cuya base presenta dos estribos estrechos diametralmente opuestos (51). Tanto en las cataratas del Orinoco como en el Fichtelgebirge (Seissen), en Galicia como sobre el Papagallo (entre el mar del Sud y las llanuras de Méjico), he visto el granito en grandes globos

achatados que presentaban divisiones concéntricas, semejantes á las de ciertos basaltos. En el valle de Irlysch, entre Buchtarminsk y Ustkaminogorsk, el granito cubre el esquisto arcilloso de transicion en una longitud de cerca de un miriámetro (52), y envia á esta capa de arriba á abajo estrechas venas que se ramifican y terminan en afiladas puntas.

Cito estos detalles con el único objeto de hacer resaltar por medio de algunos ejemplos el carácter fundamental de las rocas de erupcion, tomándolos de una de las que mas generalmente esparcidas se hallan en la naturaleza. Así como el granito cubre á la arcilla en la Siberia y en el departamento del Finisterre (isla de Mihau), cubre tambien el calcáreo jurásico en las montañas de Oisans (Fermonts) á la sienita, y en medio de esta roca á la creta de Weinbœhla en Sajonia (53). En el Oural, en Mursinsk, el granito es poroso, y sus células están llenas como las celdas y las hendiduras de las rocas volcánicas recientes, de magníficos cristales, y principalmente de berilos y topacios.

El *porfiro cuarzoso*, que se une con frecuencia en forma de ganga á las demás rocas. La pasta es ordinariamente una mezcla de menudos granos de los mismos elementos que se encuentran diseminados en gruesos cristales. En el *porfiro granítico*, muy pobre de cuarzo, la pasta feldespática es casi *granular* como especie de hojas (54).

Los *grunsteins*, las dioritas, mezcla granular de albita blanca y de anfíbol de un verde negruzco, que forman los *pórfiros dioríticos* cuando los cristales de albita están repartidos en una masa compacta. Estos grunsteins, ya puros, ya mezclados con hojas intercaladas de diálage (Fichtelgebirge) en cuyo caso se convierten en serpentina, se inyectan algunas veces entre los antiguos estratos del esquisto arcilloso verde, en donde forman lechos, y atraviesan mas frecuentemente el suelo á modo de filones, ó se levantan en

cúpulas, análogas de todo punto á las del basalto y porfiro (55).

El *hipersthenfels*, que es una mezcla granular de labrador y de hiperstene.

La *eufótida* y la serpentina, en las cuales se encuentra á veces el diálage reemplazado por cristales de augita y uralita, presentando entonces el aspecto de una roca mas comun, casi diria, de una roca de erupcion mas activa, del porfiro augítico (56).

El *melafiro* y los pórfidos de cristales de augita, de uralita y de oligoklas, á cuya última especie de porfiro pertenece el puro *verde antiguo*, tan célebre por el uso que de él se hacia en las artes.

El *basalto* con la olivina y sus elementos, que, tratados por los ácidos, dan precipitados gelatinosos, la *fonolita* (porfiro arcilloso), el *traquito* y la *dolerita*: la primera de estas rocas está en parte dividida en placas delgadas; la segunda presenta siempre la estructura que dá á estas dos rocas, aun en grandes estensiones, la apariencia de una especie de estratificacion. Segun Girard, la mesotipa y la nefelina tienen una parte importante en la composicion y contestura interna de las masas basálticas. La nefelina del basalto recuerda al geólogo la *miascita* de las montañas del Ilmen en el Oural (57), mineral que se ha confundido con el granito y que contiene á las veces circonia; tambien semeja la nefelina pirogénica descubierta por Gumprecht cerca del Lobau y de Chemnitz.

La segunda clase de rocas, las rocas de sedimento, comprenden casi todas aquellas formaciones que en otro tiempo se designaron con los nombres sistemáticos, aunque incorrectos, de *formaciones planas*, *formaciones de transicion*, *formaciones secundarias y terciarias*. Si las rocas de erupcion no hubieran levantado la corteza terrestre, ni los temblores de tierra que ocasionaron, trastornado las combinaciones se-

dimentarias, la superficie de nuestro planeta se compondria de capas horizontales, regularmente dispuestas las unas sobre las otras. Desprovista en tal suposicion de las cordilleras de montañas, cuyas vertientes reflejan, por decirlo así, desde la base hasta el vértice y merced á la graduacion pintoresca de las especies vegetales, la escala de las temperaturas decrecientes de la atmósfera, apenas la superficie de los continentes ofreceria mas desigualdades que tal cual torrentera ó montecillo formado por la acumulacion de algunos detritos, productos insignificantes de la fuerza de erosion y de transporte de masas corrientes de agua dulce; del uno al otro polo la superficie monótona de la tierra presentaria e triste espectáculo de las llanuras de la América del Sud, ó de las estepas del Asia Septentrional, y veríamos por doquiera la bóveda celeste descansando inmediatamente sobre las llanuras, y á los astros saliendo de un horizonte uniforme, como del seno de un mar sin orillas. Pero ni aun el mundo primitivo ha presentado por todas partes este aspecto, ó por lo menos el estado de cosas que acabamos de describir no ha podido ser duradero, porque en todas las épocas las fuerzas subterráneas han obrado para modificarle.

Los terrenos de sedimento han sido *precipitados* del seno de las aguas, ó simplemente *depositados*, segun que su materia constitutiva, el calcáreo ó el esquisto arcilloso, se encontraba químicamente disuelta en el medio líquido, ó en estado de mezcla ó de suspension. Cuando llegan á precipitarse las tierras disueltas en el agua, merced á un esceso de ácido carbónico, su descenso y su acumulacion en capas están esclusivamente arregladas por las leyes ordinarias de la mecánica. Observacion que no deja de tener importancia para el estudio del hundimiento de los cuerpos orgánicos en las capas calcáreas en que se efectúa la petrificacion. Es probable que los mas antiguos sedimentos de los terrenos de

transicion, ó de los terrenos secundarios, se hayan formado en aguas mantenidas á una temperatura bastante elevada por el fuerte calor que reinaba entonces en la superficie de la tierra; y solo en este punto de vista, es permitido decir que las fuerzas plutónicas han obrado sobre las capas sedimentarias, especialmente sobre las mas antiguas, si bien estas capas parecen haberse endurecido y adquirido su estructura esquistosa, bajo la influencia de una gran presion, en tanto que las rocas salidas del interior (el granito, el porfiro ó el basalto), se han solidificado por medio de enfriamiento. Las aguas primitivas, al ir descendiendo lentamente de su elevada temperatura, absorbieron en mayor cantidad el gas ácido carbónico de que la atmósfera estaba sobrecargada, y pudieron por lo tanto tener en disolucion mayores masas de calcáreo.

Hé aquí la enumeracion de las capas de sedimento, de la cual escluiremos todas las capas exógenas que provienen de la acumulacion mecánica de las arenas ó de los guijarrales:

El *esquisto arcilloso* de los terrenos de transicion inferiores y superiores, que comprenden las formaciones silúrica y devoniana, desde las capas inferiores del sistema silúrico, antes llamadas formaciones cámbricas, hasta la capa mas elevada del antiguo asperon rojo ó de la formacion devoniana, capa inmediata al calcáreo de montaña.

Los *lechos de carbon de piedra*.

Los *calcáreos* intercalados en las formaciones de transicion y en las capas de carbon; el zechstein, el calcáreo conchífero, la formacion jurásica, la creta y todos los terrenos del grupo terciario que no pueden clasificarse, ni entre los asperones ni entre los conglomerados.

El *travertino*, el calcáreo de agua dulce, las concreciones silíceas de los manantiales termales, las formaciones producidas, no por la presion de grandes masas de aguas

marinas, sino casi al aire libre en los bajos de los pantanos y de los pequeños rios.

Los *bancos de infusorios*, dato geológico de gran trascendencia, en razon á que nos revela la influencia que la actividad orgánica de la naturaleza ha ejercido en la formacion de los terrenos; descubrimiento muy reciente que debe la ciencia á los trabajos de mi ingenioso amigo Ehrenberg, uno de mis compañeros de viaje.

Parece que en este exámen, aunque rápido completo, de los elementos mineralógicos de la corteza terrestre, hubiéramos debido colocar, inmediatamente despues de las rocas simples de sedimento, los *conglomerados* y los *asperones* que son tambien, por lo menos en parte, sedimentos separados de un medio líquido y que alternan en los terrenos de transicion y en las capas fosilíferas con el esquisto arcilloso y con la creta. Pero los conglomerados y los asperones no se componen solamente de restos de rocas de erupcion y de sedimento, antes contienen tambien detritos de cuarzo; de micasquisto y de otras masas *matamórfosis;* y por lo tanto, estas últimas rocas deben componer la tercera clase de las formas fundamentales.

La roca *endógena* ó de erupcion (el granito, el porfiro y el melafiro) no es un agente esclusivamente dinámico; pues no tan solamente levanta ó conmueve las capas suprayacentes, elevándolas ó rechazándolas hácia los lados, sino que modifica profundamente las combinaciones químicas de sus elementos y la naturaleza de su tejido interior, dando así orígen á nuevas rocas, cuales son: el cuarzo, el micasquito y el calcáreo sacaróide (mármol de Carrara y de Paros). Los antiguos esquistos de transicion, de formacion silúrica ó devoniana, el calcáreo belenítico de la Tarentesia, el *macigno* (asperon calcáreo) pardo y blanco que contienen algas marinas, que se encuentran en el Apenino septentrional, toman con frecuencia despues de su trasformacion una

nueva estructura y un brillo que los hacen casi desconocidos. La teoría del metamorfismo se haya fundada desde luego que se ha logrado seguir paso á paso todas las fases de la trasformacion, y dar por guia á las inducciones del geólogo, las investigaciones directas de la química, sobre la influencia de los diferentes grados de fusibilidad, de presion y de enfriamiento. Cuando al estudio de las combinaciones de la materia preside una idea fecunda (58), puede la química esparcir vivísima luz desde el estrecho recinto del laboratorio en el campo de la geognosia, vasto taller de la naturaleza, en el que las fuerzas subterráneas han formado y metamorfoseado las capas terrestres. Pero si el elemento material nos es hoy bien conocido, no sucede lo mismo con la medida de las fuerzas que han obrado con tanta energía en el mundo primitivo. Y por lo mismo, el observador filósofo debe siempre tener fijas en su entendimiento, so pena de incurrir en falaces analogías, ó de no remontarse nunca á estensas miras acerca de los grandes fenómenos naturales, las condiciones tan complejas que han debido modificar antes las reacciones químicas. Que los cuerpos simples han obedecido sin duda en todo tiempo á las mismas afinidades es cosa indudable; si pues se encuentran todavía algunas contradicciones, el químico conseguirá las mas de las veces resolverlas, estoy seguro de ello, remontándose á las condiciones primitivas de la naturaleza que no se hayan reproducido idénticamente en sus trabajos.

Observaciones exactísimas hechas sobre una estension considerable de terreno, demuestran que las rocas de erupcion no se han producido con carácter de violencia y de desconcierto. Con harta frecuencia se ve, aun en los mas opuestos países, que el granito, el basalto ó la diorita, ejercen con regularidad hasta en los menores detalles su accion trasformadora sobre los estratos y capas del esquisto arcilloso, sobre los del calcáreo compacto y sobre los granos de

cuarzo de que se compone el asperon. En tanto que una roca endógena cualquiera ejerce en todas partes y del mismo modo su accion, las diversas rocas de esta clase presentan, por el contrario, caractéres muy diferentes. Verdad es que todos los fenómenos nos revelan los efectos de un calor intenso; pero el grado de fluidez ó de reblandecimiento varía singularmente del granito al basalto; y por otra parte, las erupciones de granito, de basalto, de porfiro grunsteinado y de serpentina han coincidido con sublimaciones cuya naturaleza ha cambiado segun las épocas geológicas. Debemos recordar aquí que los hechos de *metamorfismo* no se limitan meramente á los fenómenos de simple *contacto*, antes bien, comprenden todos los fenómenos que han coincidido con la salida de una masa de erupcion determinada; que allí, donde el contacto no es inmediato, basta la simple proximidad de semejante masa, para modificar la cohesion, testura, riqueza en sílice y forma cristalina de las rocas preexistentes.

Toda roca de erupcion penetra, al ramificarse, en otras masas igualmente endógenas ó en los estratos sedimentarios, si bien existe con respecto á esto una diferencia capital entre las rocas plutónicas (59) (el granito, el pórfiro, la serpentina) y las rocas *volcánicas*, en el sentido mas estricto de la palabra (el traquito, el basalto, la lava). Las rocas cuya produccion volcánica actual parece ser el último esfuerzo de la actividad de nuestro globo, se presentan en regueros estrechos y forman solo capa de alguna estension en los parajes donde llegan á reunirse varias corrientes. Cuando ha sido posible seguir el exámen de las erupciones basálticas á grandes profundidades, se las ha visto terminadas siempre por sutiles filamentos. Cerca de Marksuhl (á 1 $^1/_2$ miriámetro de Eisenach) en Eschevega (á orillas del Verra), y cerca de la piedra druídica del camino de Hollert (Siegen), por no citar sino tres ejemplos tomados de

nuestra patria, el basalto, inyectado por estrechas aberturas, ha atravesado el asperon abigarrado y la grauwacka, semejante á una columna con su chapitel, se ha ensanchado en forma de copa, dividida su masa ya en láminas delgadas, ó bien en agrupadas columnas. No sucede lo mismo con el granito, la sienita, el cuarzo aporfirado, la serpentina, y toda la série entera de estas rocas no estratificadas, de testura maciza, á las cuales se ha dado el nombre de rocas *plutónicas*, por predileccion hácia una nomenclatura sacada de la mitología. Escepto algunos raros filones, todas estas rocas han surgido en el estado pastoso, y no en el de fusion completa; no por estrechas hendiduras, sino por anchas fallas como valles, y por gargantas de gran estension, empujadas de abajo á arriba, y no por inyeccion como los líquidos; no formando corrientes estrechas como la lava, sino masas poderosas (60). Algunos grupos de dolerita y de traquito parecen haber tenido el mismo grado de fluidez que el basalto, al paso que otros grupos que se elevan en masas considerables, bajo la forma de campanas ó cúpulas sin cráteres, han surgido en estado de simple reblandecimiento. Ciertos traquitos estan dispuestos por lechos, como el granito y el pórfiro cuarzoso: tales son los traquitos de la cordillera de los Andes, cuya sorprendente analogía con los pórfiros de pasta de grunstein y de sienita (argentíferos y desprovistos por lo tanto de cuarzos), he tenido ocasion de notar diferentes veces.

Estudiando directamente las modificaciones que el calor imprime al tejido y á las propiedades químicas de las rocas (61), se ha visto que las masas volcánicas (la diorita, el pórfiro augítico, el basalto y la lava del Etna) fundidas y despues enfriadas, forman un vidrio negro que se fracciona de una manera homogénea si el enfriamiento ha sido rápido, y una masa pétrea de estructura granular ó cristalina si el enfriamiento se ha verificado con lentitud; en cu-

yo último caso los cristales se forman en celdillas, y dentro de la masa misma en que estan empastadas. El hecho, ya comprobado, de que unas mismas materias pueden producir composiciones diferentes entre sí, es de la mayor importancia para el estudio de las rocas de erupcion y de las transformaciones á que pueden dar lugar estas rocas. Por ejemplo, la cal carbonizada, fundida bajo una fuerte presion, no pierde su ácido carbónico; pero la masa se transforma, despues de enfriarse, en calcáreo granular, en *mármol sacaroide*. Tales son los resultados obtenidos por la vía seca. Por la vía húmeda se obtiene el espato calcáreo, ó aragonita, segun que el grado de calor haya sido mas ó menos elevado (62), pues las diferencias de temperatura determinan el modo de agregacion de las moléculas que se unen en el acto de la cristalizacion, é influyen hasta en la forma del mismo cristal (63). Ademas hay circunstancias en que las moléculas de un cuerpo pueden adquirir una disposicion nueva que se manifiesta por propiedades ópticas diferentes, sin que el cuerpo haya pasado por el estado de fluidez (64). Por donde se ve que los fenómenos de la vitrificacion, de la produccion del acero por fundicion ó cimentacion, del paso del hierro fibroso al estado de hierro granoso por la accion del calórico (65), y tal vez la influencia de pequeños choques regulares por largo tiempo repetidos, contribuyen á esclarecer el estudio geológico del metamorfismo. El calórico puede llegar á producir en los cuerpos cristalizados efectos completamente opuestos, pues los notables trabajos de Mitscherlich (66) han puesto fuera de toda duda que el espato calcáreo se dilata por uno de sus ejes, en tanto que se concentra por el otro.

Si de estas consideraciones generales descendemos á algunos ejemplos particulares, veremos en primer lugar que el esquisto se transforma en pizarra de un negro azulado y brillante, por la proximidad de las rocas plutónicas. Los

planos de estratificacion se hallan en tal caso interrumpidos por otros planos de division (uniones) casi perpendiculares á los primeros; indicio positivo de una accion posterior á la metamorfosis de la roca primitiva (67). Cuando el ácido silícico penetra por el esquisto arcilloso, produce en él venas de cuarzo, y se transforma parcialmente en piedra de amolar y en esquisto silícico; esta última roca es algunas veces carbonífera, y puede entonces dar lugar á fenómenos galvánicos. En el mas alto grado de *silicificacion* (68), el esquisto se convierte en una materia preciosa para las artes, cual es el jaspe rayado que se produce en el Oural, por la erupcion y el contacto del porfiro augítico, (Orsk) del porfiro dioritico (Auschkal), ó de una masa redondeada de hiperstene (Bogoslowsk). En la isla de Elba (Monte Serrato), segun Federico Hoffmann, y en Toscana, segun Alejandro Brongniart, este mismo jaspe rayado, se forma por el contacto del esquisto con la eufótide y la serpentina.

El contacto y la accion plutónica del granito dan al esquisto arcilloso una testura granulada, y le transforman en una masa granitoide; es decir, en una mezcla de feldespato y de mica, cuajada de grandes partículas de este último mineral (69). Género de metamorfosis observado por Gustavo Rose y por mí, en el interior de la fortaleza de Buchtarminsk (Altai) (70). «Si hay alguna hipótesis universalmente admitida en la geognosia, dice Leopoldo de Buch, es, sin disputa, la que atribuye á la accion transformadora del granito sobre las capas silurianas de los terrenos de transicion, todo el gneiss comprendido entre el mar Báltico y el golfo de Filandia; y aun puede asegurarse, que para la mayor parte de los geólogos tiene esta hipótesis el valor de una verdad demostrada. Tambien en los Alpes, en el monte de San-Gotardo, la marga calcárea ha sido igualmente transformada por el granito, primero en micasquisto y luego en gneiss (71).» La produccion del gneiss y del

micasquisto, bajo la influencia del granito, se nota tambien en el grupo oolítico de la Tarantesia (72), donde se han encontrado belenitas en rocas que podrian ya pasar por micasquisto; en el grupo esquistoso de la parte occidental de la isla de Elba, no lejos del cabo Calamita, y en el Fichtelgebirge de Baireuth, entre Lomitz y Markleiten (73).

Ya hemos dicho que el jaspe, de cuyas masas considerables no tuvieron conocimiento los antiguos (74), fué producido por la accion volcánica del porfiro augítico; pues aun hay otra materia empleada por el arte antiguo en grandes y nobles usos; el mármol granoso ó sacaroide, el cual debe ser igualmente considerado como una capa de sedimento modificada por el calórico terrestre y por la proximidad de una roca de erupcion. Este último aserto está justificado por la análisis exacta de los fenómenos que nacen al contacto de las rocas ígneas, y por las investigaciones directas de sir James Hall acerca de la fusion de las sustancias minerales: investigaciones interesantes que datan de mas de medio siglo á esta parte, y que unidas al estudio profundo de las venas graníticas han acelerado singularmente el progreso de la geognosia moderna. A las veces la accion de la roca eruptiva cesa á corta distancia de la superficie de contacto, y se produce entónces una transformacion parcial que se estiende por la capa como una especie de penumbra; tal es la creta de Belfart (Irlanda), atravesada por venas de basalto; y tales son las capas fosilíferas de calcáreo compacto, parcialmente dobladas por una especie de granito sienítico, hácia el puente de Boscampo y en la cascada de Cauzocoli (Tirol), á que el conde Marzari Pencati ha dado tanta celebridad (75). Otro modo de transformacion es aquel en que todas las capas de calcáreo compacto se han convertido enteramente en calcáreo granular, por la accion del granito, de la sienita ó del porfiro diorítico (76).

Séame permitido hacer aquí mencion especial de los

mármoles de Paros y de Carrara, que tanta importancia tienen por haber servido de materia á las obras maestras de la escultura, y que han figurado tan largo tiempo en nuestras colecciones geológicas como tipos de los calcáreos primitivos. Unas veces se ejerce la accion del granito por la via del contacto inmediato, como en los Pirineos por ejemplo (77); ya otras se propaga á través de las capas intermedias de gneiss ó de micasquisto, como en el continente griego y en las islas del mar Egeo; mas en ambos casos, si bien han sido sincrónicas las transformaciones de las capas calcáreas, no han procedido sin embargo del mismo modo. Háse observado en la Atica, en la isla Eubea y en el Peloponeso que «el calcáreo superpuesto al micasquisto es tanto mas bello y tanto mas cristalino, cuanto mas puro y arcilloso es el mismo micasquisto.» Esta última roca brota con igualdad asi como los estratos de cuarzo en muchos lugares profundos de Paros y de Antíparos (78). Segun el fundador de la escuela de Elea, Xenophane de Colophon (79), que pensaba que la Tierra habia sido cubierta en otro tiempo por el mar, hubieron de encontrarse fósiles marinos en las canteras de Siracusa, y el vestigio «de un pececillo» (una sardina) en el fondo de la de Paros. Si esta asercion citada por Origenes, fuese exacta, podria creerse que ciertas capas fosilíferas no han esperimentado sino una metamorfosis incompleta. En cuanto al mármol de Carrara (Luna) cuyo uso se eleva á una época anterior al siglo de Augusto, y que conservará el privilegio de satisfacer casi esclusivamente á las necesidades de la estatuaria, mientras quede abandonada la esplotacion de las canteras de Paros, es una capa, transformada por las acciones plutónicas, del mismo asperon calcáreo (*macigno*) que aparece en los Alpes Apuanos entre el micasquisto y el esquisto talcoso (80). Háse asignado otro orígen á los mármoles de ciertas localidades: afírmase, por ejemplo, que el calcáreo granoso se formó en

un principio en el interior de la Tierra; y que rechazado despues á la superficie por el gneiss y la sienita, rellenó ciertas hendiduras como en Auerbach, sobre el Bergstrasse (81); pero antes de haber estudiado la cuestion sobre el terreno no puedo permitirme decidir acerca de este asunto.

De todas las metamorfosis producidas por las rocas de erupcion en los estratos de calcáreo compacto, la mas notable es la que Leopoldo de Buch ha señalado en las *masas dolomíticas*, sobre todo en las del Tirol meridional y en las de la vertiente italiana de la cadena de los Alpes. Este modo de transformacion del calcáreo procede de las hendiduras por las cuales está atravesado en todos sentidos; pues por doquiera se ven tapizadas las grietas de cristales romboideos de magnesia, y la formacion toda no es mas que una aglomeracion granosa de cristales de dolomia, en los cuales no se encuentra ya rasgos de la estratificacion originaria, ni de los fósiles que estuvieran allí contenidos primitivamente, viéndose acá y acullá esparcidas en la roca nueva hojas de talco y masas de serpentina. En la Fassathal, la dolomia se eleva verticalmente á muchos miles de pies, formando paredes de blancura deslumbradora que terminan en multitud de cimas agudas y muy próximas entre sí, aun que nunca llegan á tocarse. Su aspecto recuerda el gracioso paisaje de montañas fantásticas, con que ha adornado Leonardo de Vinci el fondo del retrato de Monna Lisa.

Los grandes fenómenos geológicos que acabamos de describir hablan á nuestra imaginacion quizás tanto como á nuestra inteligencia, y son efecto de un pórfiro augítico que ha levantado, roto y metamorfoseado las capas suprayacentes (82). El ilustre observador que ha notado la conversion del calcáreo en dolomia, no atribuye este fenómeno á la introduccion de cierta cantidad de talco procedente del

porfiro negro; antes bien la considera únicamente como modificacion contemporánea de la proyeccion de esta última roca á través de las largas hendiduras llenas de vapores; pero forzoso es decir que tambien en ciertos lugares se encuentran lechos de dolomia intercalados entre los de calcáreo, y queda por esplicar cómo ha podido verificarse la transformacion sin la intervencion de una roca endógena. Efectivamente: ¿cuáles pueden ser en estos casos escepcionales los caminos seguidos por la accion plutónica? ¿Será preciso abandonar ya teorías tan amenudo esperimentadas y limitarse á repetir el antiguo adagio romano de que la naturaleza sigue á las veces vias diferentes para llegar á los mismos fines?» ¡Como! Despues de haber comprobado paso á paso en toda una region, en zonas enteras, la armonía de dos fenómenos; despues de haber visto siempre que la proyeccion del melafiro acompaña á la metamorfosis del calcáreo compacto en una masa cristalina dotada de nuevas propiedades químicas, ¿bastará que encontremos un paraje en que el primer fenómeno no acompañe al segundo para que ya no nos sea permitido esperar que observaciones ulteriores resuelvan esta contradiccion aparente, que no depende quizás, en última análisis, sino de una anomalía oculta en las condiciones bajo las cuales ejerce ordinariamente su accion la causa principal? Tanto valdria poner en duda la naturaleza volcánica y la fluidez ígnea del basalto, por el mero hecho de haber aparecido acá y allá casos aislados en que venas de basalto han penetrado por un lecho de carbon de piedra sin sustraerle una parte notable de su carbono, por capas de asperon, sin darle el aspecto de frita ó de escoria; y por capas de calcáreo, sin que la creta le haya convertido en mármol granular. En resúmen, seria imprudente abandonar el hilo conductor ó, si se quiere, la débil claridad que nos guia en la oscura region de las formaciones minerales, tan solo porque queden aun algunos *desiderata* en la

historia de las transformaciones de las rocas y de las intercalaciones de ciertas capas alteradas en medio de estratos que no han sufrido metamorfósis alguna.

Despues de haber descrito la transformacion de la cal carbonatada compacta en calcáreo granular y en dolomia, réstanos hablar de un tercer modo de alteracion que los vapores de ácido sulfúrico volcánicamente emitidos en las épocas primitivas han producido en la misma roca. El yeso, nacido de esta reaccion, ofrece cierta analogía con los depósitos de sal gemma y de azufre (depositado este último mineral por vapores de agua cargados de vapores sulfurosos). Sobre las altas cordilleras de Quindiu, lejos de todo volcan, he encontrado depósitos de azufre que se habian formado de una manera análoga en las hendiduras de gneiss, en tanto que en Sicilia, en Católica, cerca de Girgenti, el azufre, el yeso y la sal gemma pertenecen á las mas recientes capas de los terrenos secundarios, es decir, á los terrenos cretosos (83). En los bordes del cráter del Vesubio he visto tambien hendiduras llenas de sal gemma en tanta abundancia, que á veces han dado lugar á un comercio prohibido. En los Pirineos es imposible dudar de que la aparicion de la dolomia, del yeso y de la sal gemma no se une á la de las masas dioríticas (ó pirogénicas) (84). Todo concurre en estos fenómenos á anunciarnos la accion de las fuerzas subterráneas sobre las capas sedimentarias depositadas por el Océano primitivo.

Es bien difícil determinar el orígen de las poderosas hiladas de cuarzo puro que forman uno de los rasgos característicos de las riquezas minerales de la cadena de los Andes (85) en la América del Sud. De Caxamarca á Guangamarca bajando hácia el mar del Sud, he encontrado lechos de cuarzo de una potencia de 2,000 á 3,000 metros, descansando sobre el pórfiro sin cuarzo, ó sobre una diorita, y que provenian quizás de la transformacion del asperon,

como los lechos de cuarzo de la garganta de la Pescadera (al Este de Briançon), á los cuales Elías de Beaumont atribuye el mismo orígen (86). En los distritos de diamante, de las provincias brasileñas de Minas-Geraes y de San Pablo, que acaba de estudiar Claussen con mucho detenimiento, las fuerzas plutónicas de los filones de diorita han producido mica comun y el hierro especular en el itacolumito cuarzoso. Los diamantes de Grammagoa están encerrados en capas de ácido silíceo sólido, y alguna vez envueltos en panes de mica, como los granates de micasquisto. Los diamantes mas septentrionales, que se han descubierto en 1829 hasta ahora (á los 58° de latitud en la vertiente europea del Oural), se encuentran en relacion geológica con la dolomia negra carbonífera de Adolfskoi (87), y con el pórfiro augítico; pero estas relaciones no han sido aun suficientemente esclarecidas por exactas observaciones.

Debemos colocar, en fin, entre los fenómenos de contacto mas notables la formacion de los granates en el esquisto arcilloso cuando se halla en contacto con el basalto ó con la dolerita (en el Northumberland, isla de Anglesey), y la produccion de una gran cantidad de hermosos cristales muy variados (el granate, la vesuviana, la augita y la celaynita) que se han desarrollado en la superficie de contacto de rocas eruptivas y de capas sedimentarias, ó en la union de la sienita de Monzon con la dolomia y el calcáreo compacto (88). Las masas de serpentina de la isla de Elba, que quizás no presentan en ninguna otra parte tan claramente el carácter de rocas de erupcion, han producido sublimaciones de hierro especular y de óxido rojo de hierro en las hendiduras del asperon calcáreo (89). Diariamente vemos tambien depositarse del mismo modo este hierro especular en los bordes del cráter y en las corrientes de recientes lavas del Stromboli, del Vesubio y del Etna (90). Estas venas y filones que las fuerzas volcánicas producen

á nuestra vista en rocas llegadas ya á cierto grado de solidificacion, nos enseñan de qué manera se han formado los filones metálicos y pétreos en las primeras edades geológicas, donde quiera que la corteza sólida de nuestro planeta, de poco espesor á la sazon, frecuentemente conmovida por las sacudidas, quebrada y fracturada en todos sentidos á consecuencia del enfriamiento y del cambio de volúmen, presentaba comunicaciones numerosas con el interior, y salidas multiplicadas á los vapores ascendentes y á las sublimaciones de toda especie. La disposicion de las partículas en capas paralelas á las salbandas, la repeticion regular de las capas homólogas en las partes opuestas de la vena *(el techo y la pared)* y la cavidad celular prolongada de la parte media, nos hacen reconocer luego al punto en un gran número de filones metalíferos el acto plutónico de la sublimacion. Como las venas *penetrantes* son de orígen mas reciente que las capas *penetradas*, los yacimientos relativos del pórfiro y de las formaciones argentíferas de las minas de Sajonia, las mas ricas de toda Alemania, prueban que las formaciones son al menos mas recientes que los troncos de árboles del terreno hullero y del nuevo asperon rojo inferior (Rothliegendes) (91).

Fecunda inspiracion ha sido en verdad para la teoría de la formacion de la corteza terrestre, y para la del metamorfismo la feliz idea de comparar los minerales naturales á las escorias de nuestros hornos de fundicion, y procurar reproducirlos en todas sus partes (92). En efecto, todas estas operaciones nos ofrecen la accion de las mismas afinidades que determinan las combinaciones químicas, así en los laboratorios como en el seno de la tierra. Entre los minerales formados artificialmente, se han encontrado los simples mas importantes de que se componen las rocas de erupcion plutónicas ó volcánicas y las metamórficas, no ya imitados toscamente, sino reproducidos en el estado cristalino

con la mas completa identidad. Sin embargo, conviene distinguir los minerales que se forman accidentalmente en las escorias, de los que el químico se propone reproducir. Entre los primeros se cuenta el feldespato, la mica, la augita, la olivina, la blenda, el óxido de hierro cristalizado (hierro especular), el óxido de hierro magnético octaédrico y el titanio metásico (93); y entre los segundos, el granate, el idocrasio, el rubí tan duro como el rubí oriental, la olivina y la augita (94). Estos minerales forman las partes componentes del granito, del gneiss y del micasquisto, del basalto, de la dolerita y de un gran número de pórfiros. La reproduccion artificial del feldespato y de mica es singularmente importante en geología para la teoría de la conversion del esquisto arcilloso en gneiss. El primero contiene los elementos de granito sin esceptuar ni aun la potasa (95). No habria motivo de admiracion si, como ha dicho el ingenioso geólogo M. de Duchen, se formase un fragmento de gneiss sobre las paredes de un horno de fundicion construido con esquisto arcilloso y grauwacka.

Despues de haber examinado en estas consideraciones generales sobre la parte sólida de la corteza terrestre las tres clases fundamentales de rocas (rocas de erupcion, las de sedimento y las metamórficas), réstanos todavía ocuparnos de la cuarta y última clase que comprende los *conglomerados* ó las rocas *detríticas*. Estos mismos nombres recuerdan las revoluciones de la superficie de la Tierra, y así mismo el acto de la cimentacion que ha consolidado, por el intermedio del óxido de hierro ó de materias arcillosas y calizas, montones de fragmentos redondos ó de aristas agudas. Los conglomerados y las brechas en su mas lata acepcion, presentan los caractéres de un doble orígen. Los materiales que los componen mecánicamente no se han acumulado solo por las olas de mar ó por las aguas dulces en movimiento, porque roca detrítica existe, cuya formacion

no puede atribuirse á la accion de las aguas. «Cuando islas de basalto ó montes de traquita se levantan á través de grandes fracturas, del rozamiento de las masas ascendentes contra las paredes de los fallos ha resultado en el basalto ó traquito una capa de conglomerados, formada á espensas de su propia materia. Los granos que componen el asperon de un gran número de formaciones se han desprendido mas bien por el rozamiento de las rocas de erupcion plutónicas ó volcánicas, que no por la fuerza de erosion de un mar próximo. La existencia de esta especie de conglomerados, que se encuentra en masas enormes en los dos hemisferios, revela la intensidad de la fuerza con que las rocas de erupcion se han hecho paso á través de las capas sólidas de la corteza terrestre, hasta que apoderándose en seguida las aguas de estos restos, los han diseminado por capas sobre el mismo suelo que hoy vuelven á cubrir (96).» Encuéntranse formaciones de asperones intercalados entre todas las capas, desde los terrenos silurícos de transicion mas bajos, hasta las formaciones terciarias, por encima de la creta. A orillas de las llanuras inmensas del nuevo Continente, hácia dentro y hácia fuera de los trópicos, vénse estas hiladas de asperon estenderse en grandes muros, como para indicar la antigua orilla donde las olas del mar han venido á romperse.

Reconócese á la primera ojeada que se dirige sobre la distribucion geográfica de las rocas, y sobre la estension que cada una de ellas ocupa en las partes accesibles de la corteza del globo, que la sustancia mas esparcida es el *ácido silícico*, ordinariamente opaco y colorado; sigue al ácido silícico sólido la cal carbonatada, y vienen despues las combinaciones del ácido sicílico con el aluminio, la potasa y la sosa, con la cal, la magnesia y el óxido de hierro. Las sustancias que comprendemos bajo el nombre genérico de *rocas*, son asociaciones determinadas de un número muy re-

ducido de minerales simples, á los cuales se unen otros minerales parásitos; pero siempre segun ciertas leyes fijas. Estos elementos no son peculiares á tal ó cual roca, y así el cuarzo (ácido silícico), el feldespato y la mica, cuya reunion constituye esencialmente el granito, se encuentran aislados ó combinados dos á dos, en gran número de formaciones diferentes. Una cita bastará para demostrar cuantas variaciones pueden ocurrir en las proporciones de estos elementos de una á otra roca, de una roca feldespática; por ejemplo, á una micácea: Mistcherlich ha hecho ver que si á una cantidad de feldespato se añaden tres tantos de alumina, y el tercio de la proporcion de sílice que ya contiene, se obtiene la composicion química de la mica. Estos dos minerales encierran potasa, cuya presencia en un gran número de rocas es un hecho anterior, sin duda alguna, á la aparicion de los vegetales sobre la tierra.

El órden de superposicion de los estratos sedimentarios, de las capas metamórficas y de los conglomerados; la naturaleza de los terrenos que las rocas de erupcion han tocado ó atravesado; la presencia de restos orgánicos y sus diferencias de estructura: tales son los indicios que permiten reconocer la edad relativa de las formaciones sucesivas; los monumentos de la historia del globo, y los puntos culminantes de su cronología, que el genio de Hooke presentia ya en otro tiempo. La aplicacion de los medios de prueba botánicos y zoológicos á la determinacion de la edad de las rocas, ha sido el principio de la era mas brillante de la geognosia moderna. Bajo la influencia vivificadora de los estudios paleontológicos, la teoría de las formaciones sólidas de la corteza terrestre del globo se ha visto libre al fin, al menos en lo relativo al continente, de sus trabas originarias, y parece ya revestida de un carácter de profundidad y de variedad enteramente nuevo. Las capas fosilíferas son las catacumbas donde yacen los *faunos* y las *floras* de las an-

teriores épocas. Cuando descendemos de capa en capa estudiando sus relaciones de superposicion, mundos sepultados de animales y vegetales se presentan á nuestra vista y retrocedemos realmente en la série de las edades. Cada cataclismo del globo, cada levantamiento de esas cadenas de montañas cuya antigüedad relativa podemos determinar, ha sido señalado por la destruccion de antiguas especies y por la aparicion de nuevas organizaciones, quedando durante algun tiempo para indicar la transicion, algunas especies antiguas entre las creaciones mas recientes. Esta última espresion, digámoslo de paso, acusa la limitacion forzada de nuestros conocimientos sobre el sér, y en el lenguaje figurado de que nos servimos para disfrazarla, llamamos *creaciones nuevas* al fenómeno histórico de las variaciones que ocurren por intervalos, ya sea en las formas orgánicas, ya en las cuencas de los mares primitivos, ya en los contornos de los continentes levantados. Frecuentemente estos séres organizados se han conservado intactos hasta en los menores detalles de su tejido, y de sus células y divisiones. En la oolita inferior (lias de Lyme-Regis) se ha encontrado una gibia tan admirablemente conservada, que ha podido sacarse el color destinado á pintarla de la materia negruzca de que se servia este animal, há muchos miles de años para escapar de sus enemigos (97). En otros parajes no se hallan mas que vestigios, tales, por ejemplo, como las huellas que un animal ha dejado al correr por una blanda arcilla, ó los resíduos de su digestion (*coprolitos*). Otras capas nos ofrecen tan solo la huella de una concha; concha que si pertenece á *un género característico* (98), es bastante para darnos á conocer al punto la formacion en que ha sido recogida, y la naturaleza de los demas restos orgánicos con ella sepultados. La concha que trae el viajero de sus escursiones, nos dice la historia del país donde fué encontrada.

El estudio analítico del reino animal y vegetal del

mundo primitivo, ha seguido dos direcciones, de las cuales han resultado dos ciencias distintas. La una, meramente morfológica, describe los organismos y estudia su fisiología, tratando de llenar por las formaciones estinguidas, los vacíos que se presentan en la série de los séres que actualmente viven. La segunda, mas especialmente geológica, considera los restos fósiles en sus relaciones con las capas sedimentarias donde se les encuentra, y cuya antigüedad relativa pueden ellos determinar. Largo tiempo ha predominado la primera de estas dos ciencias. Comparando de una manera muy superficial las especies fósiles con las especies actuales, se habia incurrido en un error cuyas huellas se descubren aun hoy en las singulares denominaciones que se dieron á ciertos cuerpos de la naturaleza. Este error consistia en el empeño de reconocer las especies vivas entre las organizaciones estinguidas, de igual manera que en el siglo XVI se confundian, por falsas analogías, los animales del mundo antiguo con los del nuevo continente. Peter Camper, Sæmering y Blumenbach, fueron los primeros que entraron en una senda mas racional; y suyo es el mérito de haber aplicado los recursos de la anatomía comparada de una manera verdaderamente científica á la parte de la paleontología, (arqueología de la organizacion) que se ocupa de los osamentos de los grandes animales vertebrados. Pero los grandes trabajos de Jorge Cuvier y Alejandro Brongniart, son los que han fundado la geología de los fósiles, por la feliz combinacion de los tipos zoológicos con el órden de sucesion y la edad relativa de los terrenos.

Las capas sedimentarias mas antiguas, y los terrenos de transicion, presentan en los restos orgánicos que abrazan, una mezcla de formas muy diversamente colocadas en la série progresiva de los séres. Tratándose de plantas, estas capas no contienen mas que raras ovas licopodiáceas, quizás

arborescentes, equisetáceas y helechos tropicales; pero en materia de organizaciones animales, hallamos en estas capas una asociacion singular de crustáceos (trilobitos con ojos reticulares), de braquiopodos (Spiriferos Orthis), de elegantes esferonitos, muy semejantes á los crinoides (99), de ortocerátitos de la familia de los cefalópodos, y de políperos petrosos; despues, entre estas organizaciones inferiores, se encuentran ya peces de una forma estraña en las capas superiores del sistema silúrico. La familia de los cefalaspides de pesados escudos, de los cuales ciertos fragmentos del género pterichtys han sido tenidos largo tiempo por trilobitos, caracterizan esclusivamente la formacion devoniana (Old-Red). Esta familia, segun Agasiz, constituye un tipo tan claramente pronunciado en la série de los peces, como los ictiosauros y los plesiosauros entre los reptiles (100). Los goniatitos, de la tribu de las amonitas (1), empiezan igualmente á indicarse en el calcáreo de transicion, en la grauwacka de las capas devonianas, y aun en las últimas del sistema silúrico.

No se ha logrado hasta el presente descubrir una relacion exacta entre la edad de los terrenos y la graduacion fisiológica de las especies que contienen, por lo tocante á los animales invertebrados (2); por el contrario, esta dependencia se manifiesta de la manera mas regular tratándose de los animales vertebrados. Entre estos últimos, los mas antiguos, como acabamos de ver, son los peces; despues, recorriendo de abajo á arriba la série de las formaciones, se encuentran sucesivamente los reptiles y los mamíferos. El primer reptil (un sauriano del género Monitor segun Cuvier), se encuentra en el esquisto cobrizo de Zechstein, en Turingia, y habia ya llamado la atencion de Leibnitz (3); segun Murchison, el paleosauro y el tecodontosauro de Bristol, son de la misma época. El número de saurianos va aumentando en el calcáreo conchifero (4), en el Kenper, y

en la formacion jurásica, que es donde llega al máximun. En la época de esta formacion vivian plesiosauros de largo cuello de cisne formado de treinta vértebras; el megalosauro, cocodrilo gigantesco de 15 metros de largo, con los huesos de sus pies muy semejantes á los de nuestros mas pesados mamíferos terrestres; ocho especies de ictiosauros; el giosauro (*Lacerta gigantea* de Sœmmering); y en fin, siete especies de repugnantes plerodáctilos ó saurianos provistos de alas membranosas (5). El número de saurianos semejantes á los cocodrilos, disminuye ya en la creta; encuéntrase sin embargo, en esta formacion, el *cocodrilo de Maestricht* (el mososauro de Conybeare), y el colosal iguanodonte, que quizás era herbívoro. Segun Cuvier, los animales pertenecientes á la especie actual de los cocodrilos se remontan casi á la formacion terciaria; y aun el *hombre testigo del diluvio* de Schenzer (*homo diluvii testes*), enorme salamandra del género del axolote que traje á Europa de los grandes lagos del rededor de Méjico, pertenece á las mas recientes formaciones de agua dulce de Œninga.

Tratando de leer en el órden de superposicion de los terrenos la edad relativa de los fósiles que contienen, se han descubierto importantes relaciones entre las familias y las especies (estas últimas siempre poco numerosas) que han desaparecido, y las familias ó las especies vivas todavía. Todas las observaciones estan contestes en que los faunos y las floras fósiles difieren tanto mas de las formas animales ó vejetales existentes, cuanto que las formaciones sedimentarias donde yacen, son mas inferiores, es decir, mas antiguas. Así, pues, grandes variaciones han tenido lugar sucesivamente en los tipos generales de la vida orgánica: grandiosos fenómenos, señalados primero por Cuvier (6), que ofrecen relaciones numéricas, que han sido objeto de las investigaciones de Deshayes y Lyell, y han llevado á estos sábios á resultados decisivos, sobre todo en cuanto á

los tan numerosos y perfectamente conocidos fósiles, de las formaciones terciarias. Agasiz, que ha examinado 1700 especies de peces fósiles, y que calcula en 8000 el número de las especies actuales descritas, ó conservadas en nuestras colecciones, afirma en su gran obra, que «escepcion hecha de un pez fósil, propio de las geodas arcillosas de la Groenlandia, no hà encontrado nunca en los terrenos de transicion, ni en los secundarios y terciarios, animal de esta clase que fuese indéntico con un pez vivo en la actualidad;» y añade esta importante observacion: «La tercera parte de los fósiles del calcáreo tosco y de la arcilla de Lóndres pertenece á familias estinguidas; debajo de la creta no se halla ni un solo género de peces de la época actual; y la singular familia de los sauroides (peces cuyas escamas estan cubiertas de esmalte, que se aproximan casi á las de los reptiles, y provienen de la formacion carbonífera, donde yacen sus mayores especies, hasta la creta donde se encuentran aun algunos individuos) presenta con dos especies que habitan hoy el Nilo y ciertos rios de América (el lepidosteo y el polyptero) las mismas relaciones que existen entre nuestros elefantes ó nuestros tapires, y los mastodontes ó los anaploteriones del mundo primitivo (7).

Sea lo que quiera, las preciosas investigaciones de Ehrenberg han probado que las capas de creta, donde yacen aun dos especies de estos peces sauroides, reptiles gigantescos y todo un mundo destruido de corales y de conchas, estan enteramente compuestos de polytolamos microscópicos, de los cuales un gran número vive hoy en nuestros mares, y hácia las latitudes medias en el mar del Norte y en el Báltico. Hablando, pues, rigorosamente, el grupo terciario que descansa inmediatamente sobre la creta, llamado ordinariamente de capas del período *eóceno* no merece este nombre, «porque la aurora del mundo en que vivimos se estiende mas allá de las edades anteriores,»

mucho mas de lo que se ha creido hasta el presente (8).

Acabamos de ver que los vertebrados mas antiguos, es decir, los peces que aparecen en todas las formaciones, á partir de los estratos siluricos de transicion hasta las capas de la época terciaria. De la misma manera, los saurianos empiezan en el zechstein ; y si añadimos que la formacion jurásica (esquisto de Stonesfield) nos presenta los primeros mamíferos (tilacoterion de Prevost y de Buckland, análogo á los marsupiales, segun Valenciennes), (9) y que el primer pájaro se ha encontrado en el depósito mas antiguo de la formacion cretácea (10), habremos indicado los límites inferiores de las cuatro grandes divisiones de la série de los vertebrados. Tal es, acerca de este punto de vista, el estado actual de la paleontologia.

En cuanto á los animales invertebrados, los corales pétreos y los sérpulos se encuentran confundidos en las formaciones mas antiguas con los cefalópodos y crustáceos de una organizacion muy elevada, así que se hallan mezclados los órdenes mas diferentes en esta parte de la série animal; pero aun asi, han podido descubrirse leyes fijas respecto de muchos grupos aislados pertenecientes á un mismo órden. Conchas fósiles de la propia especie, goniatitas, trilobitas, y numulitas, constituyen montañas enteras; y allí donde quiera que diferentes géneros están mezclados, existe por lo comun una relacion regular entre la série de los organismos y la de las formaciones, habiéndose observado tambien que la asociacion de ciertas familias y de ciertas especies, sigue una ley regular en los estratos superpuestos cuyo conjunto compone una misma formacion. Asi es como Leopoldo de Buch, luego de haber clasificado las amónitas en familias bien definidas, ayudado de su ingeniosa ley acerca de la disposicion de los lóbulos, ha demostrado que las ceratitas pertenecen al muschelkalk (calcáreo conchífero), las aristas al lias, y los goniatitos al calcáreo de tran-

sicion y á la grauwacka (11). Las belemnitas tienen su límite inferior (12) en el keuper, situado por debajo del calcáreo jurásico, y el superior en la greda. Sábese ya que en las mismas épocas, y en zonas apartadas entre sí, han poblado las aguas testáceos idénticos, al menos en parte, á los fósiles de Europa. Por ejemplo: Leopoldo de Buch, ha señalado en el hemisferio austral (volcan de Maypo, Chile) exogiros y trigonios; y d'Orbigny ha descrito ciertas amónitas y grífeas del Himalaya y de las llanuras índicas de Cutch, que son exactamente de la misma especie que las del antiguo mar jurásico en Francia y Alemania.

Las capas cuya naturaleza ha sido determinada por los fósiles ó los cantos rodados que contienen, constituyen un *horizonte geológico*, segun el cual, el observador perplejo puede orientarse y reconocer la *identidad* ó la *antigüedad* relativa de las formaciones, la *repeticion* periódica de ciertas capas, su *paralelismo* ó su completa *supresion*. Cuando nos proponemos abrazar así en toda su simplicidad, el tipo general de la formacion sedimentaria, se encuentra sucesivamente yendo de abajo á arriba:

1.° El *terreno de transicion*, dividido en grauwacka inferior y superior, ó en sistemas silurico y devoniano: este último tenia en otro tiempo el nombre de asperon rojo;

2.° El *trias inferior* (13), que comprende el calcáreo de montaña, los terrenos hulleros, el nuevo asperon rojo inferior (todtliegendes), y el calcáreo magnésico (zechstein);

3.° El *trias superior*, que comprende el asperon abigarrado (14), el calcáreo conchífero y el keuper;

4.° El *calcáreo jurásico* (lias y oólita);

5.° El *asperon macizo* (quadersandstein), la greda inferior y superior, asi como las últimas capas que empiezan en el calcáreo de montañas;

6.° Las *formaciones terciarias*, que comprenden tres subdivisiones caracterizadas por el calcáreo basto, el car-

bon moreno ó lignita, y los arenales sub-apeninos.

Vienen luego los terrenos de transporte (aluvion). que contienen los osamentos gigantescos de los mamíferos del antiguo mundo, tales como los mastodontes, el dinotérion, el misurion y los megaterios, contándose entre estos últimos el mylodon de Owen, especie de perezoso de tres y medio metros de largo. A estas especies estinguidas, se unen los restos fosilificados de animales cuyas especies viven aun, como elefantes, rinocerontes, bueyes, caballos y ciervos. Existe cerca de Bogotá, 2660 metros sobre el nivel del mar, un campo lleno de osamentos de mastodontes (campo de gigantes), en el cual he hecho ejecutar escavaciones con el mayor cuidado (15); y en cuanto á los osamentos de la meseta mejicana, pertenecen á ciertas razas estinguidas de verdaderos elefantes. En los estribos del Himalaya (colinas de Sewalik, estudiadas con tanto celo por el capitan Cautley y el doctor Falconer), se contienen igualmente numerosos mastodontes; encuéntrase tambien el sivaterion y la gigantesca tortuga terrestre de cuatro metros de largo y dos de ancho (Colossochelys); y por último, restos pertenecientes á especies vivas en la actualidad, como elefantes, rinocerontes, girafas: y cosa notable; estos fósiles corresponden á una zona donde domina todavía hoy el clima tropical, que se creia haber reinado en la época de los mastodontes (16).

Comparada ya la série de las formaciones inorgánicas de que la corteza terrestre se compone, con los restos organizados que las mismas contienen, réstanos por bosquejar el reino vegetal de los mundos primitivos, y demostrar de que manera el ensanchamiento de la Tierra firme y las modificaciones atmosféricas han traido el desarrollo sucesivo de las diferentes floras. Ya hemos visto que las mas antiguas capas de transicion no contienen sino plantas marinas y hojas celulares, y que los estratos devonianos (17) son los

primeros en que se encuentran algunas formas criptógamas de plantas vasculares (calamitas licopodiáceas). Por mas que se haya creido posible deducir de ciertas miras teóricas acerca de la *simplicidad de las formas primitivas de los séres orgánicos*, que la vida vegetal ha precedido á la vida animal, y que la primera era una condicion necesaria para el desarrollo de la segunda, ello es lo cierto, que ningun dato ha venido á justificar semejante hipótesis, antes al contrario, las razas humanas que en lo antiguo fueron rechazadas hácia las regiones glaciales del polo ártico, y se alimentaban esclusivamente de peces y cetáceos, prueban por el hecho mismo de su existencia, que, en rigor, las sustancias vegetales no son indispensables á la vida animal. Despues de las capas devonianas y del calcáreo de montaña, viene una formacion cuya análisis botánica ha hecho grandes progresos en estos últimos tiempos (18). El *terreno hullero* comprende no solamente plantas criptógamas análogas á los helechos, y monocotiledones fanerogamas (céspedes, liliáceas semejantes á las yucas y palmeras), sino tambien dicotiledones gymnos permas (coníferos y cicádeas).

De las cuatrocientas especies que próximamente se conocen pertenecientes á la flora del terreno hullero, nos limitaremos á citar las calamitas y las licopodiáceas arborescentes; los lepidodendros escamosos; las sigilarias de 20 metros de longitud, que á las veces suelen encontrarse de pié y arraigadas, y se distinguen por su doble sistema de haces vasculares; las estigmarias semejantes á los cactos; una infinidad de hojas de helechos acompañados por lo comun de sus troncos, y cuya abundancia prueba que la tierra firme de las épocas primitivas era esencialmente insular (19); las cicádeas (20), y sobre todo las palmeras (21), en menor número que los helechos; las asterofilitas de hojas verticilares, parecidas á las nayades; y las coníferas semejantes á ciertos pinos del género Araucaria (22) con es-

casos vestigios de anillos ánuos. Todo este reino vegetal se ha desarrollado ampliamente en las partes levantadas y secas del viejo asperon rojo, manteniéndose invariables los caractéres que le distinguen del mundo vegetal actual, á través de los periodos siguientes, hasta las últimas capas de la greda. Pero la flora de formas tan estrañas en los terrenos hulleros, presenta en todos los puntos de la tierra primitiva (en la Nueva-Holanda, en el Canadá, en la Groenlandia como en las islas Melville) una uniformidad sorprendente en los géneros, si no en las especies (23).

Uno de los principales caractéres de la flora primitiva es el de ofrecernos formas vegetales cuya analogía con numerosas familias del mundo actual prueba que han perecido con ellas numerosos miembros de la série orgánica. Así, por no citar sino dos ejemplos, las especies de lepidodendron llegan á colocarse, segun Lindley, entre las coníferas y las licopoditas (24); y por el contrario, las araucaritas y las pinitas presentan alguna cosa estraña en la reunion de sus haces vasculares. Aun limitando nuestras consideraciones al mundo actual, no podremos negar una alta significacion al descubrimiento de las cicadeas y de los árboles de raices hendidas verticalmente (coníferos) en la flora del terreno hullero, al lado de sagenarias y lepidodendros. En efecto, las coníferas no guardan solamente analogía con las cupulíferas y las betulineas que se encuentran con ellas en la formacion de lignitos, sino que la tienen tambien con las licopoditas. La familia de las cicadeas se aproxima mucho á la de las palmeras por el aspecto y figura esterior, en tanto que se parece esencialmente á las coníferas en cuanto á la estructura de las flores y semillas (25). Donde quiera que existen superpuestos muchos lechos de carbon de piedra, los vegetales no se hallan repartidos confusamente sin distincion de géneros ni de especies; antes bien están dispuestos lo mas frecuentemente por géneros,

de tal suerte, que las licopoditas y ciertos helechos ocupan una capa, y las estigmarias y las sigilarias otra distinta. Para formar idea del grado de desarrollo que la vida vegetal habia tomado en el mundo primitivo, y de la masa de vegetales acumulados en ciertos lugares por corrientes y transformados luego en carbon por la via húmeda (26), conviene recordar que en las minas de hornaguera de Saarbruk, se ven ciento veinte lechos de carbon superpuestos, sin contar un gran número de otras capas de menos espesor, cuya potencia no escede de un tercio de metro; y asimismo, que hay lechos de carbon de piedra de 10 metros y aun de 16 de potencia, como por ejemplo, en Jonoton (Escocia) y en Creuzot (Borgoña), al paso que los árboles que cubren una superficie dada en los bosques de nuestras zonas templadas, formarian apenas en cien años sobre esta superficie una capa de carbon de 16 milímetros de espesor (27). Cerca de la embocadura del Misisipí, y á orillas del mar glacial, donde el almirante Wrangel ha visto y descrito las *montañas de madera*, hállanse todavía montones considerables de troncos de árboles acarreados por los rios y por las corrientes del mar; estas capas de *madera flotante* pueden dar una idea de lo que ha debido ocurrir en las aguas interiores y en las bahías insulares del mundo primitivo. A lo que se agrega, que las capas carboníferas deben una parte considerable de la materia de que están formadas, no á grandes árboles, sino á masas de césped y arbustos ramosos y de pequeñas criptógamas.

Acabamos de decir que las palmeras se encuentran reunidas con ciertas coníferas en el terreno hullero, asociacion que se reproduce en todas las formaciones y se continúa buen trecho en el período terciario. En la actualidad parecen que huyen las unas de las otras. Estamos de tal modo acostumbrados, aunque sin razon, á considerar las coníferas como esencialmente propias de las regiones sep-

tentrionales, que yo mismo quedé sorprendido al encontrar un espeso pinar *(Pinus occidentalis*, semejante al pino del Lord Weimouth) entre la venta y el alto que se hallan como subimos al mar del Sud, hácia Chilpansingo y las elevadas praderas de Méjico, á 1,200 metros sobre el nivel del mar; pinar que tardé un dia entero en atravesar, y en el cual se hallan los árboles coníferos entrelazados con palmeras de abanico *(Corypha dulcis)* (28) llenas de papagayos de variados colores. La América del Sud produce encinas, pero no alimenta ni una sola especie de pinos; y la primera vez que se presentó á mi vista un abeto como un recuerdo de mi patria, estaba situado cerca de una palmera de abanico. Tambien Cristóbal Colon en su primer viaje de esploracion divisó coníferas y palmeras mezcladas en la punta oriental del Norte de Cuba (29), y por consiguiente, entre los trópicos, aunque apenas sobre el nivel del mar. Este observador profundo, á quien nada se escapaba, habla de este hecho en su diario de viaje como de una singularidad, y su amigo Anguiera, secretario de Fernando el Católico, refiere lleno de sorpresa «que se encuentran juntos pinos y palmeras en el país nuevamente descubierto.» Es de gran interés para la geología comparar la distribucion actual de las plantas sobre la superficie de la tierra, con la geografía de las floras estinguidas. La zona templada del hemisferio austral, cuyas innumerables islas, abundantes aguas y maravillosa vejetacion que participa á la vez de la flora de los trópicos y de los países frios, ha descrito Darwin (30) con tanto arte, es la que ofrece ejemplares mas instructivos para la geografía de las plantas modernas y para la de las plantas primitivas, rama muy importante de la *historia del reino vegetal*.

Las cicádeas, que segun el número de las especies fósiles pertenecientes á esta tribu debieron jugar un papel mas importante en el mundo primitivo que en el mundo actual,

acompañan á sus análogas las coníferas de la época en que se formaron los lechos de carbon, y desaparecen casi totalmente en el período de los asperones abigarrados; pero en este mismo período se desarrollaron tambien ciertas coníferas (*Voltzia*, *Haidingera*, *Albertia*). Las cicádeas adquieren su máximun en el Keuper y en ellias, donde se han encontrado hasta veinte especies distintas. En la greda predominan las plantas marinas y las náyades. Así es que los bosques de cicádeas de la formacion jurásica han desaparecido hace mucho tiempo, y aun en los grupos mas antiguos de la formacion terciaria se los encuentra relegados muy por debajo de las coníferas y palmeras (31). Los *lignitos* ó las capas de *carbon moreno* que se encuentran en cada division del período terciario, contienen en medio de los mas antiguos criptógamos terrestres algunas palmeras, gran número de coníferos con anillos ánuos bien señalados, y arbustos ramosos de carácter mas ó menos tropical. El período terciario medio está caracterizado por la vuelta de las palmeras y de las cicádeas. Finalmente, la vegetacion del último período ofrece gran analogía con la flora actual. Nuestros pinos y abetos, nuestros cupulíferos, arces y álamos aparecen allí sin transicion en toda la plenitud de sus formas. Los troncos de dicotiledóneas escondidos en los lignitos, se distinguen á las veces por sus dimensiones enormes y por su mucha edad. Nœggerath ha encontrado cerca de Bona uno de esos troncos, en el cual contó hasta 792 anillos ánuos (32); y en la Francia septentrional, en Iseux (cerca de Abeville) háse descubierto un pino en las hornagueras del Soma de cuatro metros y medio de diámetro; espesor estraordinario para las regiones extra-tropicales del antiguo Continente. Segun las investigaciones de Gæpper, que esperamos se den pronto á la estampa con láminas esplicativas, «todo el ámbar del Báltico proviene de un conífero que, á juzgar por los fragmentos de madera y de cor-

teza de diferentes edades, debia de formar una *especie particular* muy semejante á nuestros abetos blancos y rojos. El *árbol de ámbar* del mundo primitivo *(Pinites succifer)* era mas resinoso que cualquiera de los coníferos del mundo actual; no solamente está colocada la resina en él por dentro y fuera de la corteza como en estos últimos, sino en la madera misma, cuyas células y ramificaciones medulares llenas de sucino se distinguen perfectamente con el microscopio; y así mismo en grandes masas blancas y amarillas entre los anillos concéntricos de la parte leñosa. En medio de las materias vegetales incrustradas en el ámbar se han encontrado flores machos y hembras de cupulíferas y de árboles indígenas de hojas aciculares; pero varios fragmentos bien determinados de *thuja*, de *cupressus*, de *ephedera* y de *castania vesca*, mezclados á otros fragmentos de nuestros abetos y enebros, acusan una vejetacion diferente de la que reina actualmente sobre el litoral del mar Báltico y del mar del Norte. »

Acabamos de recorrer en la parte geológica del cuadro de la naturaleza toda la série de las formaciones, desde las rocas de erupcion y las capas sedimentarias mas antiguas, hasta el terreno de transporte en que yacen los pedruscos errantes. Supúsose que estos pedruscos fueron trasladados por ventisqueros ó por montañas de hielo flotantes; pero en mi concepto, mas bien lo fueron por la impetuosa caida de las aguas, detenidas primero en receptáculos naturales, y desencadenadas luego por el levantamiento de las montañas (33). Por lo demás, el orígen de estas masas aisladas, de que no hablo aquí sino incidentalente, será largo tiempo aun objeto de discusion. Los mas antiguos miembros de la formacion de transicion son el esquisto y la grauwacka, en los cuales se encuentran algunas plantas marinas procedentes del mar silúrico, llamado antiguamente mar cámbrico. Estos *terrenos primarios* (como se los

llama) descansan sobre el gneiss y el micasquisto; pero sí estas dos rocas deben considerarse en sí mismas como capas sedimentarias transformadas, ¿sobre qué base descansan los mas antiguos sedimentos? Aquí, escapa nuestro medio de investigacion que es la observacion directa, y quedamos abandonados á meras conjeturas. Segun un mito de la cosmogonia india, la tierra está sostenida por un elefante, el cual, para no caer, está á su vez apoyado en una enorme tortuga; pero no está permitido á los crédulos bramines preguntar quién mantiene á la tortuga. Muy semejante es el problema que aquí tratamos de resolver, y no será estraño, por tanto, que nuestra solucion se vea sometida á los ataques de la crítica. En la parte astronómica de esta obra hemos visto cómo se ha formado nuestro planeta á espensas de la atmósfera primitiva del Sol; es verosímil que la materia nebulosa de los anillos separados de esta atmósfera se haya aglomerado en esferoides, circulando alrededor del Sol, y que luego la condensacion se fuere operando sucesivamente procediendo de las capas esteriores hácia el centro, hasta quedar, por último, formada la primera corteza sólida; las capas superiores de esta corteza constituyen, como las llamamos hoy, las mas antiguas capas silúricas; capas que han sido atravesadas y levantadas por rocas de erupcion salidas de profundidades inaccesibles. Es, pues, indudable, que existian ya estas rocas completamente formadas debajo del sistema silúrico, semejantes á esas otras rocas que aparecen aquí y allá, sobre la superficie de la tierra y que hemos llamado granito, roca augítica ó pórfiro cuarzoso. Guiados por la analogía, podemos admitir que las materias que han penetrado por los estratos sedimentarios, y rellenado sus hendiduras, son simples ramificaciones de una base inferior. Los focos de los volcanes activos están situados á profundidades enormes, y si he de juzgar por los fragmentos incrustados en la lava de los volcanes que he estudiado bajo

las zonas mas diferentes, debo creer que una roca granítica primitiva forma el soporte de todo el edificio de las capas superpuestas que constituye la corteza terrestre (34). Si es cierto que el basalto compuesto de olivina no se dá antes del período cretáceo, y si las traquitas se presentaron mas tarde, no lo es menos que las erupciones graníticas pertenecen á la época de las mas antiguas capas sedimentarias, como se halla palpablemente demostrado hasta en la metamorfosis de estas últimas capas. Hemos comparado todos estos hechos con esquisita diligencia; pero puesto que el objeto de nuestras investigaciones escapa á la inspeccion de los sentidos, nos hemos visto en la necesidad de recurrir á la analogía y á raciocinar por induccion; de este modo hemos intentado restituir al viejo granito una parte de sus disputados derechos con el título de *roca primordial.*

Los progresos recientes de la geognosia nos permiten concebir cómo la determinacion de las *épocas geológicas,* por medio de los caractéres que suministran ya la composicion mineralógica de los terrenos, ya la série de los organismos cuyos restos aquellos contienen, ya el modo de estratificacion de las capas levantadas, contorneadas ú horinzontales, pueden conducirnos por el encadenamiento íntimo de los fenómenos al estudio de la *reparticion de las masas sólidas y líquidas*, y de los continentes y de los mares, que dan su corteza á nuestro planeta. Existe, en efecto, un punto de contacto entre la historia de las revoluciones del globo y de la descripcion de su superficie actual, entre la geología y la geografía física; ciencias ambas que concurren á fundar la doctrina general de la forma y division de los continentes. Los contornos que separan la tierra firme del elemento líquido, y las relaciones de estension de sus superficies respectivas, han cambiado singularmente en la larga série de las épocas geológicas. Han variado cuando el carbon de piedra formaba sus lechos horizontales sobre las capas levantadas

del calcáreo de montaña y del viejo asperon rojo; han variado tambien cuando las lias y la oolita se depositaban sobre las hiladas del keuper y del calcáreo conchífero, ó cuando la greda se precipitaba por las pendientes de la arena verde y del calcáreo jurásico. Si damos con Elías de Beaumont los nombres de *mar Jurásico* y de *mar Cretáceo* á las aguas de donde se han separado la oolita y la greda formando depósitos cenagosos, es para reconocer luego al punto, que los límites de estas dos formaciones indican, respecto de las épocas geológicas correspondientes, la línea de demarcacion entre la tierra firme y las aguas de un Océano que á la sazon iba á engendrar una parte sólida de la corteza terrestre. Ingeniosa fué la idea de dibujar el mapa de esta parte de la geografía primitiva, mapa mas seguro quizás que el de los viajes de Io y de la *Odisea* de Homero; porque en estos últimos se trata de opiniones ó mitos, y en los primeros son hechos positivos de la geología lo que se intenta representar gráficamente.

Hé aquí el resultado de las investigaciones hechas con el objeto de determinar la estension de la tierra firme en épocas diferentes. En los tiempos mas antiguos, durante los períodos de transicion silúrica y devoniana, y hácia las primeras formaciones secundarias, incluso el trias, el suelo continental consistia únicamente en islas separadas cubiertas de vegetales. En los períodos siguientes estas islas se unieron entre sí, pero de tal suerte, que formaban innumerables lagos y golfos profundamente cortados. Por último, cuando las cadenas de los Pirineos, de los Apeninos y de los montes Kárpatos se levantaron, y por consecuencia hácia la época de los terrenos terciarios, los grandes continentes aparecieron casi con la figura que tienen al presente. En el mundo silúrico y en la época en que reinaron las cicadeas y los saurianos gigantescos, fue ciertamente menor del uno al otro polo la estension de los terrenos salidos de

las aguas, que la que tienen hoy los del mar del Sud y Océano Indico. Veremos mas adelante cómo ha podido concurrir con otras causas, esta preponderancia del elemento líquido, á regularizar los climas y á mantener una alta temperatura. Aquí es necesario añadir, para acabar la descripcion del engrandecimiento sucesivo (aglutinacion) de las tierras salidas de las aguas, que poco tiempo antes de los cataclismos que han traido en intervalos mas ó menos largos la súbita destruccion de un número tan grande de vertebrados gigantescos, una parte de las masas continentales ofrecia ya las actuales divisiones; y aun se estenderá mucho mas esta semejanza, si atendemos á la gran analogía que reina en la América del Sud y en las tierras australes, entre los animales indígenas de nuestro tiempo y las especies estinguidas. Se han encontrado por ejemplo, en la Nueva-Holanda, restos fósiles de kangarones; y en la Nueva-Zelandia, el esqueleto semi-fosilificado de un enorme pájaro semejante al avestruz, el dinornis de Owen, de la especie de nuestros apterigios, pero algo diferente del doronte (dodo), de la isla Rodriguez, cuya especie ha desaparecido mas tarde.

Nuestros continentes deben quizás su altura sobre el nivel general de las aguas circundantes, á la erupcion del pórfiro cuarzoso, que ha trastornado tan violentamente la primera gran flora terrestre y los estratos de terreno hullero. Las partes unidas de los continentes, á las cuales damos el nombre de llanuras, no son en realidad mas que grupos estensos de colinas y de montañas, cuyas bases yacen al nivel del fondo del mar; ó en otros términos: toda llanura es una meseta con relacion al suelo sub-marino. Las desigualdades primitivas de estas mesetas han sido niveladas por las capas sedimentarias, y luego recubiertas por los terrenos de aluvion.

Esta parte del cuadro de la naturaleza se compone de

una série de consideraciones generales, cuyo órden no es arbitrario en manera alguna. En primera línea debe figurar la evaluacion de la cantidad de tierras levantadas sobre el nivel del mar. Viene luego el exámen de la *configuracion* particular de las grandes masas, en *sentido horizontal* (forma articulada de los continentes), y en *sentido vertical* (hipsometría de las cadenas de montañas). Por último, el cuadro se completa con la descripcion de dos envueltas que posee nuestro planeta; la una es *general*, á saber, la atmósfera, compuesta de flúidos elásticos; la otra es *local*, es decir, circunscrita solo á ciertas regiones : el mar, que limita la tierra firme y determina su figura. Estas dos envueltas de nuestro globo, el aire y el agua, constituyen un conjunto natural, y á ellas debe la superficie de la tierra la variedad de climas, segun las relaciones de estension superficial de la tierra y del mar, segun la forma articulada y orientacion de los continentes, segun la altura y direccion de las cadenas de montañas. Resulta de esta accion recíproca del aire, del mar y de la tierra firme, que los grandes fenómenos metereológicos no podrian comprenderse sin el auxilio de la geognosia. Por eso la metereología, la geografía de las plantas y la de los animales, no han hecho verdaderos progresos hasta la época en que esta dependencia mútua fué claramente reconocida. Es cierto que la palabra *clima*, designa constitucion particular de la atmósfera; pero esta misma constitucion se halla sometida por una parte á la influencia del *mar*, surcado en su superficie y en sus profundidades por corrientes dotadas de temperaturas muy diferentes; y por otra al de la *tierra firme*, cuya superficie articulada, accidentada y coloreada de mil maneras, ya desnuda, ya cubierta de bosques ó de céspedes, irradia el calórico con una intensidad estremadamente variable. En el estado actual de la superficie de nuestro planeta, la de la tierra firme es á la del elemento

líquido como 1 á 2 $^4/_5$, ó sea segun Rigaud (35), como 100 á 270. Reunidas todas las islas, compondrian apenas la vigésima tercera parte de las masas continentales, y su distribucion es tan irregular, que ocupan en el hemisferio boreal tres veces mas superficie que en el austral. Desde el 40° de latitud meridional hasta el polo antártico, la corteza terrestre está casi enteramente cubierta por las aguas, de suerte que el hemisferio austral es esencialmente oceánico. El elemento líquido predomina igualmente en el espacio comprendido entre las costas orientales del antiguo continente y las costas occidentales del Nuevo-Mundo, donde no se halla interrumpido sino por muy raros archipiélagos, reinando bajo los trópicos en un espacio de 145° de longitud; por lo cual el sabio hidrógrafo Fleurien ha dado con justicia á este ancho espacio el nombre de *Gran Océano*, para distinguirlo de todos los otros mares. El hemisferio austral y el hemisferio occidental (occidental, decimos, tomando ahora como primer meridiano el de Tenerife), son por lo tanto las regiones del globo mas abundantemente provistas de agua.

Tales son los principales datos que deben tenerse en cuenta cuando se trata de comparar las superficies respectivas de la tierra firme y del mar, y de estudiar la influencia que estas relaciones ejercen sobre la distribucion de las temperaturas, las presiones variables de la atmósfera, la direccion de los vientos, el estado higrométrico del aire, y por consiguiente sobre el desarrollo de la vegetacion. Basta considerar que el agua cubre cerca de los tres cuartos de la superficie total del globo (36), para que nos estrañe menos la imperfeccion en que habia permanecido la meteorología hasta principios de este siglo; pues solamente á partir de esta época, es cuando se empezó á recoger y á examinar una gran copia de observaciones exactas sobre la temperatura del mar en diferentes latitudes, y en diversas estaciones del año.

Ya en la antigüedad los filósofos griegos se ocupaban en determinar la configuracion horizontal de la tierra firme. Tratábase de averiguar entonces cual era el máximun de su estension, de Oeste á Este; y segun el testimonio de Agatemero, Dicearco habia encontrado este máximum bajo la latitud de Rhodas, en la direccion de las columnas de Hércules á Tinea. A esta línea se dá el nombre de *paralelo del diafragma de Dicearco*; y por cierto que la exactitud de su posicion astronómica, sobre la cual he discurrido en otra de mis obras, puede escitar fundadamente nuestra admiracion (37). Guiado indudablemente por las ideas de Eratostenes, Strabon parecia estar firmemente persuadido de que el grado 36 debia tener estrecha relacion con la figura de la Tierra por ser el máximum de estension lineal del mundo conocido entonces, que en este grado cabalmente, entre la Iberia y las costas de Tinea, fué donde colocó la tierra firme cuya existencia anunció proféticamente (38).

Si como antes consignamos la estension de las tierras es mucho mayor en uno de los hemisferios que en el otro, ya se haga la division por el meridiano de Tenerife ó el Ecuador, tambien es fácil reconocer que existen además otros contrastes entre el antiguo y el nuevo continente, verdaderas islas rodeadas por todas partes del Océano. En efecto, su respectiva configuracion general y las direcciones de sus ejes máximos son totalmente diferentes: el continente oriental se dirige en masa del Oeste al Este, ó con mas exactitud del Sud-Oeste al Nordeste; en tanto que el continente occidental casi sigue la direccion de un meridiano, corriendo del Sud al Norte ó mas bien de S.-S.-O. al N.-N.-O. A pesar de estas notables diferencias, obsérvanse tambien ciertas analogias entre ambos continentes, sobre todo en la configuracion de las costas opuestas: por el Norte, los dos continentes están cortados en la direccion de un paralelo (el de 70°); y al Sud, terminan ambos en punta ó en pirámi-

des, con prolongaciones sub-marinas señaladas por salientes islas y bancos, que no otra cosa son, el archipiélago de la Tierra de Fuego, el banco de Lagullas, al Sud del cabo de Buena-Esperanza, y la Tierra de Van-Diemen separada de la Nueva Holanda (Australia) por el estrecho de Bas. La playa septentrional del Asia escede al paralelo de que acabamos de hablar, pues hácia el cabo de Taimura llega á los 78° 16′ de latitud, segun Krusenstern; pero desde la embocadura del gran rio de Tschukotschja hasta el estrecho de Bering, el promontorio oriental del Asia no pasa de 63° 3′ segun Beechey (39). La orilla septentrional del nuevo continente sigue con bastante exactitud el paralelo de 70°; porque al Sud y al Norte del estrecho de Barrow, de Boothia-Felix y de la Tierra de Victoria todos los terrenos no son sino islas disgregadas.

La forma piramidal de las estremidades meridionales de todos los continentes entra en la categoría de las *similitudines physicæ in configurationi mundi*, sobre las cuales tanto insistió Bacon en el *Novum Organon*, y que uno de los compañeros de Cook, Reinhold Forster, ha tomado por testo para consideraciones ingeniosas. Partiendo del meridiano de Tenerife en direccion al Este vése que las puntas de tres continentes, la de Africa (estremidad de todo el mundo antiguo), la de Australia y América meridional, se van aproximando gradualmente al polo Sud. La Nueva Zelandia, que ocupa un espacio de 12° de latitud, forma un miembro intermediario entre la Australia y la América del Sud; terminando igualmente hácia el Mediodia por una isla, la de New-Leinstter. Es tambien muy notable que las salidas de los continentes hácia el Norte y sus prolongaciones hácia el Sud estén situadas casi en los mismos meridianos; así es que el cabo de Buena-Esperanza y el banco de Lagullas se hallan en el meridiano del Cabo Norte; y la península de Malaca, en el mismo que el cabo Taimura en

la Siberia (40). En cuanto á los polos, ignórase si están colocados en la tierra firme ó en medio de un Océano cubierto de hielo, pues por el Norte no se ha podido pasar del paralelo de 80° 55′, y por el Sud de 78° 10′.

La forma piramidal que los grandes continentes afectan en sus estremidades se reproduce frecuentemente en menor escala, no solamente en el Océano Indico (penínsulas de la Arabia é Indica, y península de Malaca), sino tambien en el Mediterráneo, donde ya Eratóstenes y Polybio habian comparado bajo esta relacion las penínsulas ibérica, itálica y helénica (41). La Europa misma, cuya superficie es cinco veces menor que la del Asia, puede ser considerada como una península occidental de la masa casi enteramente compacta del continente asiático; mucho mas si se atiende á que bajo la relacion del clima la Europa es al Asia lo que la península de Bretaña al resto de la Francia (42). Las numerosas articulaciones y la forma ricamente accidentada de los continentes, ejercen una gran influencia sobre las artes y la civilizacion de los pueblos que los ocupan: ya Strabon preconizaba como una ventaja capital «la variada forma» de nuestra pequeña Europa (43). El Africa (44) y la América del Sud, que ofrecen bajo otras relaciones tantas analogías en su configuracion, son de todos los continentes aquellos que guardan en las costas mayor uniformidad. Pero la costa oriental del Asia, quebrada por decirlo asi, por las corrientes del mar *(fractas ex æquore terras)* (45) forma una línea fuertemente accidentada, sucediéndose en ella casi sin interrupcion las penínsulas y las islas cercanas á la orilla, desde el ecuador hasta el grado 60 de latitud.

Nuestro Océano Atlántico presenta todos los rasgos que caracterizan la formacion de un valle. Diríase que el choque de las aguas se ha dirigido primero hácia el Nord-este, luego hácia el Nor-oeste, y despues otra vez hácia el Nor-

este. El paralelismo de las costas situadas al Norte del décimo grado de latitud austral; los ángulos salientes y entrantes de las tierras opuestas; la convexidad del Brasil, que mira hácia el golfo de Guinea; la de Africa, opuesta al golfo de las Antillas; todo en una palabra, confirma estas consideraciones que pudieron parecer en un principio temerarias (46). En el valle Atlántico, y aun en casi todas las partes del mundo, las orillas profundamente desgarradas y abundantes en islas numerosas se oponen á orillas seguidas y compactas. Largo tiempo ha que hice yo observar de cuanto interés era para la geognosia la comparacion de las costas occidentales del Africa y de la América del Sud bajo los trópicos. La costa africana forma una gran curva á manera de golfo en Fernando Pó, á los 40° 1/2 de latitud meridional; pues de la misma manera, la costa del mar del Sud sigue del Sud al Norte hasta los 18° de latitud austral, cambia bruscamente de direccion entre el valle de Arica y el morro de Juan-Diaz, y corre hácia el Nor-Oeste. De igual cambio de direccion participa la cadena de los Andes, dividida en esta region en dos ramas paralelas; y no afecta solamente esta variacion á la rama marítima (47), sino que tambien á la cordillera oriental, que ha sido base de la mas antigua civilizacion indígena de la América, verificándose la inflexion allí donde el reducido mar Alpino de Titicaca, baña el pié de dos montañas colosales (el Ilimani y el Sorata). Mas lejos, al Sud, desde Valdivia y Chiloe (á 40 ó 42° de latitud meridional) hasta el archipiélago de los Chonos, y desde allí hasta la Tierra de Fuego, nos encontramos la configuracion particular de las costas occidentales de la Noruega y de la Escocia, es decir, un laberinto de estrechos golfos cuyas ramificaciones penetran profundamente en la tierra.

Tales son las mas generales consideraciones que el exámen de la superficie de nuestro planeta puede sugerir, re-

lativamente á la figura y estension actual de los continentes, en el sentido horizontal. Hemos reunido los hechos y puesto de relieve algunas analogías esteriores entre regiones lejanas, sin que pretendamos por ello haber fijado las leyes de la forma general de la Tierra. Cuando un viajero examina las eminencias partidas que se producen con bastante frecuencia al pié de ciertos volcanes activos, como el Vesubio, por ejemplo; cuando vé variar el nivel del suelo algunos piés, antes ó despues de las erupciones, y formar un vuelo semejante á un techo ó una eminencia aplanada, no tarda en reconocer que basta la mas insignificante variacion en la intensidad de las fuerzas subterráneas, ó en la resistencia que les opone el terreno, para que las partes levantadas afecten tal ó cual configuracion, tal ó cual direccion completamente diferente. Pues de igual manera, cualquier débil perturbacion ocurrida en el equilibrio de las fuerzas interiores de nuestro planeta, habrá determinado una reaccion mas enérgica de las motoras contra una parte de la costra terrestre, que contra la parte opuesta, y no habrá sido menester mas para que estas fuerzas levantaran en el hemisferio occidental un continente compacto con un eje casi paralelo al ecuador, y hecho salir de las aguas en un mismo meridiano del hemisferio oriental, una banda estrecha de tierras que abandona á las aguas mas de la mitad de esta parte del globo.

A pesar de tales analogías y contrastes, no es permitido á la ciencia escrutar profundamente los grandes fenómenos que han debido presidir al nacimiento de los continentes. Lo que sabemos se reduce á lo siguiente: la causa productora es una fuerza subterránea; los continentes no se han formado de una vez, tales como existen hoy, antes bien remóntase su orígen, como indicamos mas arriba, á la época silúrica (separacion neptuniana), y su formacion ocupa los períodos sucesivos hasta los terrenos terciarios, habiéndose

efectuado lentamente á través de una larga série de levantamientos y depresiones, y cumplídose al cabo por la aglutinacion de pequeños continentes antes aislados. La figura actual de estos es producto de dos causas que han obrado una en pos de otra, y son: la primera, una reaccion subterránea, cuya fuerza y direccion nos seria imposible determinar, porque salen para nosotros del círculo de los hechos necesarios; y la segunda, comprende todas aquellas potencias que se mueven en la superficie, entre las cuales las erupciones volcánicas, los temblores de tierra, los levantamientos de las cadenas de montañas y las corrientes del mar, han desempeñado principal .papel. ¡Cuán diferente de como es hoy no habria sido la temperatura de la tierra, la vegetacion, la agricultura y hasta la civilizacion misma, si los ejes del antiguo y nuevo Continente hubiesen recibido igual direccion; si la cadena de los Andes, en vez de dibujar un meridiano, corriese del Este al Oeste; si no hubiese ninguna tierra tropical (Africa) que irradiese fuertemente el calórico al Sud de Europa; si el Mediterráneo, en fin, que comunicaba primitivamente con el mar Cáspio y con el mar Rojo, y que ha favorecido poderosamente el establecimiento de las razas humanas, hubiera sido reemplazado por un terreno de tanta altura como las llanuras de la Lombardía ó de la antigua Cirene!

Los cambios que se han originado en los niveles relativos de las partes sólidas y líquidas de la costra terrestre, y que han determinado la emersion y la inmersion de las tierras bajas y los contornos actuales de los continentes, deben atribuirse á un conjunto de causas numerosas que han ido obrando sucesivamente, y entre las cuales las mas decisivas son sin disputa la fuerza elástica de los vapores contenidos en el interior de la tierra; las variaciones bruscas de temperatura de ciertas capas de mucho espesor (48); el enfriamiento secular é irregular de la corteza y del cen-

tro del globo, de donde provienen las arrugas y los pliegues de la superficie sólida; las modificaciones locales de la gravitacion (49), y por consiguiente, los cambios de curvatura en ciertas partes de la superficie de equilibrio del elemento líquido. Es un hecho reconocido hoy por todos los geólogos, que la emersion de los continentes se debe á un levantamiento real y no á un levantamiento aparente ocasionado por la depresion real del nivel general de los mares. El primero que enunció esta concepcion capital, que concuerda con el conjunto de las observaciones y con los fenómenos análogos de la vulcanicidad, fué Leopoldo de Buch, en su memorable *Viaje á Noruega y á Suecia* por los años de 1806 y 1807 (50). Toda la costa sueca y finlandesa se eleva progresivamente á razon de 1,3 metros en cada siglo, desde el límite de la Escania septentrional (Sœlvitsbourg) hasta Torneo, y de Torneo hasta Abo, en tanto que la Suecia meridional desciende, segun Nilson (51.) La fuerza de levantamiento parece adquirir su máximum en la Laponia septentrional, y hácia el Sud va disminuyendo poco á poco, hasta Calmar y Sœlvitsbourg. Las líneas del antiguo nivle que el mar alcanzaba antes de los tiempos históricos, están indicadas en toda la Noruega (52), desde el cabo de Lindesnæs hasta la estremidad del cabo Norte, por bancos compuestos de conchas idénticas á las del mar actual; Bravais ha medido estas líneas con el mayor cuidado durante su larga permanencia en Bosekop. La altura sobre el nivel medio del mar es de 195 metros, y segun Keilhau y Eugenio Robert, reaparecen sobre las costas de Spitzberg, frente á frente del cabo Norte (al N.-N.-O.) Pero Leopoldo de Buch, que ha señalado el primero el banco de conchas de Tromsoe (lat. 69° 40′), ha demostrado que los mas antiguos levantamientos de las tierras bañadas por el mar del Norte, no tienen relacion alguna con la emersion lenta, gradual y regular del litoral sueco, en el golfo de Bothnia.

Es necesario no confundir este último fenómeno, del cual poseemos irrecusables testimonios históricos, con los cambios que sobrevienen al nivel del suelo por consecuencia de los temblores de tierra, como en las costas de Chile y de Cutch. La escursion de la costa sueca ha llevado á varios geólogos á hacer investigaciones semejantes en otros países; resultando de ellas que á las veces un descenso sensible, ocasionado por el doblez de los estratos, corresponde á un levantamiento general; observacion hecha en la Groenlandia occidental (por Pingel y Graah), en Dalmacia y en Scania.

Siendo muy probable que los movimientos oscilatorios del suelo, los levantamientos y descensos de la superficie durante las primeras edades de nuestro planeta, tuviesen mas intensidad que hoy, no debe sorprendernos encontrar en el interior mismo de los continentes, depresiones, locales y playas enteras situadas muy por debajo del nivel, siempre igual, de los mares actuales. Tales son los lagos de Anatron, descritos por el general Andreossy, los pequeños lagos Amargos del Istmo de Suez, el mar Caspio, el lago de Tiberiada, y sobre todo el mar Muerto (53). Los niveles de estos dos últimos mares están respectivamente situados á 203 y 400 metros por debajo del nivel del Mediterráneo. Si fuese posible quitar de una vez todo el terreno de aluvion que envuelve las capas pétreas en un gran número de partes planas de la superficie del globo, se veria que la corteza terrestre, así desnuda, ofrece multitud de depresiones profundas bajo el nivel actual de los mares. En ciertos lugares parece que el suelo se halla sujeto aun á lentas oscilaciones, independientes de todo temblor de tierra, propiamente dicho, y muy semejantes á las que han debido producirse, casi por do quiera, en la costra ya solidificada, pero poco consistente de las épocas primitivas. Deben, probablemente, atribuirse á las oscilaciones de este género, los períodos irregulares de elevacion y descenso del nivel del mar Caspio,

fenómeno del cual he visto yo mismo rasgos bien marcados en la cuenca septentrional de este mar (54); y de la misma manera pueden esplicarse las observaciones hechas por Darwin en el mar de Coral (55). Estos fenómenos, sobre los cuales hemos querido llamar por un momento la atencion, manifiestan cuán lejos está todavía el actual órden de cosas de una perfecta estabilidad, enseñándonos que los contornos pueden, por los incesantes cambios que se efectúan y la configuracion de los continentes, modificarse á la larga, y que estas variaciones, sensibles apenas, de una generacion á otra, se acumulan por períodos cuya duracion rivaliza con la de los grandes períodos astronómicos. Desde hace 8.000 años la orilla oriental de la península escandinava quizás se haya elevado mas de 100 metros; y si este movimiento es uniforme, puede asegurarse, que á los 12.000 años comenzarán á surgir de las aguas y á convertirse en tierra firme ciertas partes del fondo del mar, próximas al litoral, y cubiertas actualmente por 50 brazas de agua. Tan largo período de tiempo suspende desde luege el ánimo; y sin embargo, apenas es comparable á los inmensos períodos geológicos que abrazan séries enteras de formaciones superpuestas y de mundos de organismos estinguidos. No hemos considerado hasta aquí mas que los hechos de levantamiento; pero si continuamos las mismas analogías al tratar de los fenómenos que parecen indicar una depresion progresiva, reconoceremos al punto, que este último efecto puede, asimismo, producirse en gran escala. Así es que la altura media de la region de las llanuras en Francia, no llega á 156 metros, y bastaria, por lo tanto, el menor de los cambios interiores de que nos ofrecen rasgos sorprendentes las edades geológicas, para que en muy poco tiempo se sumergiese gran parte del norte de la Europa occidental, ó al menos, para que se modificase profundamente la forma que hoy tiene nuestro litoral.

El levantamiento y la depresion de la tierra firme ó de la masa de las aguas, fenómenos recíprocos, puesto que la elevacion real de uno de estos elementos hace que aparezca al instante una depresion en el otro, son las únicas causas de todas las variaciones que esperimenta la formade los continentes. Conviene á una obra libre é imparcial, como la presente, mirar esta gran cuestion bajo todas sus fases, y mencionar al menos la *posibilidad* de una depresion *real* del nivel de los mares; es decir, de una disminucion de la masa de las aguas. Que cuando la temperatura de la superficie era mas elevada, cuando las aguas se filtraban por fracturas mayores, y cuando la atmósfera poseia propiedades muy diferentes de las actuales, se hayan producido grandes variaciones en la cantidad del elemento líquido, y por consiguiente en el nivel de los mares, cosa es de la que nadie duda hoy. Pero en el estado actual de nuestro planeta, ningun hecho anuncia semejante disminucion, ni hay nada que pruebe directamente que la masa de las aguas aumente ó decrezca de una manera progresiva, como tampoco que la altura media del barómetro al nivel del mar cambie lentamente en un mismo apostadero. De las investigaciones de Danssy y de Antonio Nobile, resulta que el descenso del nivel del mar seria inmediatamente acusado por un aumento correspondiente en la altura de la columna barométrica; pero como esta altura no es idéntica en todas las latitudes, y depende de varias causas meteorológicas, tales como la direccion general de los vientos y el estado higrométrico del aire, síguese de ello que el barómetro solo no es indicio seguro de las variaciones del nivel del mar. Que á principios de este siglo, ciertos puertos del Mediterráneo hayan sido abandonados por las aguas y quedado secos durante muchas horas, no quiere decir que la masa de las aguas del mar haya realmente disminuido, ó que el nivel general del Océano haya esperimentado un descenso; pues lo único

que de tales hechos se deduce, es, que las corrientes del mar, *pueden*, mediante un cambio de fuerza y de direccion, ocasionar la retirada *local* de las aguas, y aun la emersion permanente de una pequeña parte del litoral. Al interpretar los datos que la ciencia posee actualmente, acerca de esta cuestion tan delicada, toda circunspeccion es poca; de lo contrario, se correria el riesgo de atribuir á uno de los «antiguos elementos», al agua, lo que en realidad pertenece á otros dos; es decir, al aire y á la tierra.

Así como la forma esteriormente articulada de los continentes y los innumerables cortes de sus orillas ejercen una saludable influencia en los climas, en el comercio y hasta en los progresos generales de la civilizacion, así tambien la configuracion del suelo en el sentido de la altura, es decir, la articulacion interior de las grandes masas continentales, puede jugar un papel no menos importante en el dominio del hombre. Todo lo que produce variedad de forma (polimorfia) en un punto de la superficie terrestre, ya sea una cadena de montañas, una meseta, un gran lago, una verde estepa, ya tambien un desierto, con bosques por orillas; cualquier accidente del suelo, en una palabra, imprime un sello particular al estado social del pueblo que allí habita. Si está el suelo como entre nevadas y altísimas cimas, las comunicaciones quedarán interrumpidas y el comercio será imposible. Si por el contrario le forman bajas llanuras, con algunas *cadenas discontínuas* y poco elevadas (56), como en el Oeste y en el Sud de la Europa, donde este género de articulacion se desarrolla tan felizmente, multiplícanse entonces las influencias meteorológicas, y con ellas las producciones del mundo vegetal. Y como en tal caso cada region exige un cultivo diferente, aun á la misma latitud, resulta que esta configuracion especial da vida á necesidades que estimulan la actividad de las poblaciones.

Así, pues, las reacciones interiores son las que levantando las cadenas de montañas á través de las capas violentamente erectas, han dado figura á la superficie del globo, y preparado el dominio en que las fuerzas de la vida orgánica debian obrar nuevamente, despues de restablecida la calma, para desarrollar en toda su profusion las formas individuales. Sin estas formidables revoluciones, la salvaje uniformidad que ellas han hecho desaparecer en gran parte en uno y otro hemisferio, hubiese debilitado la energía física é intelectual de la especie humana.

Las grandes miras de Elías de Beaumont, nos permiten señalar la edad relativa de cada sistema de montañas, partiendo del principio de que la época del levantamiento de una cadena, está necesariamente comprendida entre la época de la formacion de las capas levantadas y la del depósito de estratos que se estienden horizontalmente hasta el pié de la montaña (57). Los pliegues de la corteza terrestre, (levantamiento de las capas) cuando datan de una misma época geológica, parece que siguen una direccion comun. La línea culminante de las capas levantadas, no es siempre paralela al eje de la cadena de montañas (58), corta tambien alguna vez este eje, de donde resulta á mi juicio, que el fenómeno del levantamiento de las capas, cuyos rasgos pueden seguirse muy lejos por las llanuras vecinas, es entonces mas antíguo que el levantamiento de la cadena. La direccion principal del continente europeo (del S. O. al N. O), es opuesta á la de las grandes fallas (del N. O. al S. E.), las cuales parten de las bocas del Elba y del Rhin, atraviesan el mar Adriático, el mar Rojo, el sistema de montañas de Louchti-Koh en el Luristan, y vienen á morir al golfo Pérsico y al Océano Iudico. Este sistema de grandes líneas geodésicas casi rectangulares, ha favorecido singularmente las relaciones comerciales de la Europa con Asia y el Norte del Africa Occidental, así como la marcha

de la civilizacion en las costas, mas felices en otro tiempo, del Mediterráneo (59).

Cuanto mas se admira la imaginacion al representarse la altura y la masa de las cadenas de montañas, mas se sorprende el espíritu al reconocer en ellas los testigos de las revoluciones del globo, los límites de los climas, el punto de division de las aguas, y la base de una vegetacion particular; y es mas necesario enseñar por medio de la exacta evaluacion numérica de su volúmen, cuan pequeño es este en realidad, comparado con el de los continentes, ó con la estension de las regiones vecinas. Supongamos, por ejemplo, que la masa entera de los Pirineos, cuya base y altura media está medida con gran exactitud, se haya de distribuir uniformemente por la superficie de la Francia; hecho, pues, el cálculo, nos encontramos con que el suelo apenas llegaria á los 3 metros de elevacion. Si del mismo modo diseminásemos por la superficie de Europa los materiales que forman la cadena de los Alpes, el aumento de su altura sería á lo mas de 6 metros y medio. Merced á un trabajo largo y penoso, que de suyo no podia conducir sinó á un límite superior, es decir, á un número quizás escesivamente bajo, pero nunca á un número alto en demasía, he hallado que *el centro de gravedad* de la tierra firme está situado respecto de Europa y la América del Norte á 205 y á 228 metros sobre el nivel actual de los mares, y á 355 y á 351 metros respecto del Asia y la América del Sud (60). Las regiones septentrionales son por lo tanto relativamente bajas, si bien en Asia la poca altura de las estepas de la Siberia está compensada por el enorme ensanchamiento del suelo comprendido entre los paralelos de 28° y $^1/_2$ y de 40° entre el Himalaya, el Kouen-Lun del Thibet septentrional y las Montañas celestes. Es posible, hasta cierto punto, leer en los números hallados por mí en qué lugares de la superficie del globo han obrado con mas energía las

fuerzas plutónicas, para levantar las grandes masas de los continentes.

Nada nos dice que estas fuerzas plutónicas no han de añadir en el curso de los siglos venideros, nuevos sistemas de montañas á los ya producidos, cuyas edades relativas ha determinado tan exactamente Elías de Beaumont. ¿Qué causa con efecto, ha podido hacer perder á la corteza terrestre la facultad de *arrugarse*, bajo la influencia de las acciones subterráneas? Cuándo se vé en los Andes y en los Alpes, que se cuentan entre los sistemas mas recientes, colosos como el Monte Rosa y el Mont-Blanc, como el Sorata, el Ilimani y el Chimborazo, ¿es permitido suponer que las potencias subterráneas que levantaron tales colosos, sigan un período decreciente, ni que hayan agotado su último esfuerzo? Todos los fenómenos geognósticos revelan alternativas periódicas de actividad y de reposo (61): el de que hoy gozamos, no es sino aparente. Los temblores de tierra que conmueven indistintamente toda clase de terrenos bajo todas las zonas; la elevacion contínua de Suecia, y la aparicion súbita de nuevas islas de erupcion, prueban que el interior de nuestro planeta no ha llegado aun al estado de reposo definitivo.

La envuelta líquida y la gaseosa, de que está rodeado nuestro planeta, presentan á la vez contrastes y analogías. Nacen los primeros de la diferencia que existe entre los gases y los líquidos, relativamente á la elasticidad y al modo de agregacion de sus moléculas, y provienen las segundas de la movilidad comun á todas las partes de los fluidos y de los líquidos, manifestándose por consiguiente sobre todo en las corrientes y en la propagacion del calórico. La profundidad del mar como la del Océano aéreo nos son igualmente desconocidas. En los mares de los trópicos se ha sondeado hasta 8220 metros, sin llegar al fondo; y si como pensaba Wollaston, la atmósfera acaba en un límite fijo seme-

jante á la superficie ondulada del mar, la teoría de los fenómenos crepusculares indican para el Océano aéreo una profundidad nueve veces mayor por lo menos. Este último Océano descansa en parte sobre la tierra firme, cuyas montañas y mesetas coronadas de bosques vienen á ser respecto de él como otros tantos bajíos, y parte sobre el mar, que sustenta las capas aéreas mas bajas y mas húmedas.

En ambos Océanos, y á partir de su límite comun, la temperatura decrece segun leyes determinadas, ya nos elevemos por las capas aéreas, ya que descendamos por las acuosas; pero este decrecimiento del calor es mucho mas lento en la atmósfera que en el mar. Como toda molécula de agua que se enfria se hace mas densa y desciende en seguida, resulta que por todas partes la temperatura de la superficie del mar tiende á ponerse en equilibrio con la de las capas de aire que le rodean. Una larga série de observaciones termométricas, muy exactas, nos enseñan que desde el ecuador hasta los paralelos de 48° de latitud boreal y austral, la temperatura *media* de la superficie de los mares es un poco mas elevada que la de la atmósfera (62). Pero como la temperatura decrece á partir de la superficie, y á medida que la profundidad aumenta, los peces y demas habitantes del mar que buscan las aguas profundas (quizás á causa de su respiracion bronquial y cutánea), pueden hallar hasta en los mares tropicales las bajas temperaturas y los climas frescos de las zonas templadas, y aun de las regiones frias; circunstancia que influye poderosamente sobre las emigraciones y sobre la distribucion geográfica de un gran número de animales marinos. Agréguese á esto que la profundidad á que habitan los peces modifica su respiracion cutánea, en razon del crecimiento depresivo, y determina la relacion de los gases oxígeno y ázoe, que llenan su vegiga natatoria. Como el agua dulce y el agua salada no llegan á su maximum de densidad á la misma temperatura,

y como la salazon de los mares hace que baje el grado termométrico correspondiente á aquel maximum, se comprende fácilmente por qué el agua del mar sacada á grandes profundidades, durante los viajes de Kotzebue y de Dupetit-Thonars, no acusa en el termómetro mas que 2° 8 y 2° 5. Esta temperatura casi glacial, reina aun en los abismos de los mares intertropicales, y ha dado á conocer las corrientes inferiores que se dirigen desde los dos polos hácia el ecuador; porque si en efecto, esta doble corriente sub-marina no existíese, el calor de las capas profundas no descenderia nunca del minimum de temperatura de las capas aéreas que descansan inmediatamente sobre el mar. El Mediterráneo no presenta, es cierto, gran disminucion de calórico en sus capas mas hondas; pero Arago ha hecho desaparecer toda la dificultad de este asunto, demostrando que en el estrecho de Gibraltar, donde las aguas del Océano Atlántico producen una corriente superficial dirigida de Oeste á Este, hay una contra corriente inferior que vierte las aguas del Mediterráneo en el gran Océano, y se opone á la introduccion de la corriente polar inferior.

En la zona tórrida, sobre todo en los paralelos comprendidos entre el grado 10, al Norte y al Sud del Ecuador, la envuelta líquida de nuestro planeta goza lejos de las costas y de las corrientes de una temperatura que permanece singularmente constante y uniforme en miles de miriámetros cuadrados (63). Háse deducido de aquí con razon, que la manera mas sencilla de acometer la solucion del gran problema tantas veces agitado, de la invariabilidad de los climas y del calórico terrestre, seria someter la temperatura de los mares tropicales á una larga série de observaciones (64). Si sobreviniese en el disco del Sol alguna gran revolucion bastante duradera, se reflejarian sus efectos en las variaciones del calor medio del mar, con mas seguridad aun que en la de las temperaturas medias de la tierra firme.

La zona en que las aguas del mar alcanzan su máximun de densidad (de salazon), no coincide ni con la del máximun de temperatura, ni con el Ecuador geográfico. Las aguas mas calientes forman al parecer al Norte y al Sud de esta línea, dos fajas no paralelas. Lenz ha descubierto en su viaje alrededor del mundo, que las aguas mas densas, estando el mar en calma, se hallan á los 22° de latitud Norte y á los 18° de latitud Sud; y la zona de las agua menos saladas á algunos grados al Sud del Ecuador. En la region de las calmas casí perennes, el calor solar no produce sino una lijera evaporacion, porque las capas de aire saturado de humedad que descansan sobre la superficie del mar, raramente se renuevan por los vientos.

En general, todos los mares que se comunican entre sí, deben considerarse, con relacion á su altura media, como perfectamente nivelados. Sin embargo de esto, varias causas locales (probablemente los vientos y corrientes reinantes) producen en ciertos golfos profundos, diferencias de nivel permanentes, aunque siempre poco notables. Por ejemplo en el Istmo de Suez, la altura del mar Rojo, escede á la del Mediterráneo en 8 ó 10 metros, segun las diversas horas del dia. Diferencia notable que era ya conocida en la antigüedad, y que parece depender de la forma particular del estrecho de Bab-el Mandeb, por el cual penetran las aguas del Océano Indico en el mar Rojo, con mas facilidad de la que les ofrece la salida (65). Las escelentes operaciones geodésicas de Corabæuf y de Delcrós, demuestran que de un cabo al otro de la cadena de los Pirineos, como desde Marsella á la Holanda septentrional, no existe diferencia alguna apreciable entre el nivel del Mediterráneo y el del Océano (66).

Las perturbaciones en el equilibrio de las aguas y los movimientos que de ellas resultan, son de tres especies. Los unos irregulares y accidentales como los vientos que los

originan; producen en pleamar y durante la tempestad, olas cuya altura suele llegar hasta 11 metros. Los otros, regulares y periódicos, dependen de la posicion y de la atraccion del Sol y de la Luna (flujo y reflujo). Las *corrientes pelágicas* constituyen un tercer género de perturbaciones, y aunque variables en cuanto á la intensidad, son permanentes sin embargo. El flujo y reflujo es propiedad de todos los mares, escepto los pequeños mediterráneos, en los cuales la oleada producida por el flujo es apenas perceptible. Este gran fenómeno se esplica completamente en el sistema newtoniano, el cual «le ha colocado en el círculo de los hechos necesarios.» Cada una de estas oscilaciones periódicas de las aguas del Océano dura poco mas de medio dia; su altura en pleamar es de muy pocos piés, si bien por consecuencia de la configuracion de las costas, que se oponen al movimiento progresivo de las ondas, puede aquella tocar en los 16 metros en Saint-Malo, en los 21 y aun á 23 metros en las costas de la Acadia. «Despreciando la profundidad del Océano, como imperceptible con relacion al diámetro de la Tierra, el ilustre Laplace ha demostrado analíticamente que la *estabilidad* del equilibrio de los mares exige para la masa líquida una densidad inferior á la densidad media da la Tierra; y en efecto, esta última densidad es, como ya hemos visto, cinco veces mayor la del agua, por lo cual las tierras altas no pueden jamás ser inundadas por el mar, ni los restos de animales marinos que se encuentran en la cima de las montañas han sido llevados á ella por *mareas* mas altas en otro tiempo que las actuales (67)». Uno de los triunfos mas brillantes de la análisis, ciencia que ciertos espíritus pequeños afectan despreciar, es el haber sometido el fenómeno de las mareas á la prevision humana: gracias á la teoría completa de Laplace, anúnciase hoy ya en las efemérides astronómicas la altura de las mareas que deben ocurrir en cada sicigia, advir-

tiendo de esta manera á los habitantes de las costas los peligros que están espuestos á correr en tales épocas.

Las *corrientes océanicas*, cuya influencia en las relaciones de los pueblos y en el clima de las regiones próximas á las costas, no puede desconocerse, dependen del concurso casi simultáneo de un gran número de causas mas ó menos importantes, entre las cuales pueden contarse las siguientes: la propagacion sucesiva de la marea en su movimiento alrededor del globo; la duracion y la fuerza de los vientos reinantes; las variaciones que la pesantez específica de las aguas del mar esperimenta segun la latitud, profundidad, temperatura y grado de salazon (68); y por último, las variaciones *horarias* de la presion atmosférica tan regulares bajo los trópicos, que se propagan sucesivamente del Este al Oeste. Singular espectáculo el que presentan las corrientes en medio de los mares: su anchura está determinada, y atraviesan el Océano como rios cuyas orillas estuvieran formadas por aguas mansas, que contrastan por su inmovilidad con el movimiento de las otras, sobre todo cuando largas capas de algas arrastradas por la corriente permiten apreciar su velocidad. Durante las tempestades notánse á las veces en la atmósfera corrientes análogas, aisladas en medio de las capas inferiores; y si un bosque se encontrase á su paso solo se verian árboles derribados en la estrecha zona seguida por las mismas corrientes.

La marcha progresiva de las mareas y los vientos alisios, producen en los trópicos el movimiento general que arrastra á las aguas de los mares de Oriente á Occidente, y al cual se ha dado el nombre de corriente *ecuatorial* ó corriente de rotacion. Su direccion varía merced á la resistencia que le oponen las costas orientales de los continentes. Comparando los trayectos seguidos por botellas arrojadas á propósito al mar por los viajeros, y recogidas mas tarde, Daussy ha determinado la velocidad de agua cor-

riente, y su resultado se diferencia tan solo en $^{1}/_{18}$ del que yo deduje de esperimentos mas antiguos (10 millas marinas de 1856 metros cada 24 horas) (69). Cristóbal Colon reconoció la existencia de esta corriente en su tercer viaje (el primero en que intentó llegar á las regiones tropicales por el meridiano de las Canarias), pues en su libro se ve lo que sigue (70): «Tengo por cierto que las aguas del mar se mueven como el cielo, de Este á Oeste, *(las aguas van con los cielos)*» es decir, segun el movimiento diurno aparente, del Sol, de la Luna y de todos los astros.

Las corrientes, verdaderos rios que surcan los mares, son de dos especies: llevan las unas las aguas calientes hácia las altas latitudes, y traen las otras las aguas frias hácia el Ecuador. La famosa corriente del Océano Atlántico, el Gulf Stream (71), reconocida ya en el siglo XVI por Angleria (72) y sobre todo por sir Humfry y Gilbert, pertenece á la primera clase. Hácia el Sud del cabo de Buena-Esperanza es necesario buscar el orígen y los primeros indicios de esta corriente; penetra de allí en el mar de las Antillas, recorre el golfo de Méjico, desemboca por el estrecho de Bahama, y luego en direccion del Sud-sudoeste al Nor-noroeste se aleja mas y mas del litoral de los Estados-Unidos, se ladea hácia el Este en el banco de Terranova, y vá á tocar las costas de Irlanda, de las Hébridas y de la Noruega, á donde arrastra granos tropicales (Mimosa Scandens, Guilandina bonduc, Dolichos urens). Su prolongacion del Nord-este recalienta las aguas del mar y ejerce su benéfica influencia hasta en el clima del promontorio septentrional de la Escandinavia. Al Este del banco de Terranova, el Gulf Stream se bifurca, y envia, no lejos de las Azores, una segunda rama hácia el Sud (73), en el cual se encuentra el *mar de las Sargasas*, inmenso banco de plantas marinas (Fucus natans, una de las mas estendidas entre las plantas sociales del Océano), que impresionó tanto

la imaginacion de Cristóbal Colon, y que Oviedo llama *praderías de yerba*. Un número inmenso de pequeños animales marinos habitan estas masas de eterna verdura, transportados aquí y allá por las blandas brisas que en estos lugares soplan.

Como se ve esta corriente pertenece, casi en su totalidad, á la parte septentrional del Atlántico, y costea tres continentes: Africa, América y Europa. Una segunda corriente, cuya baja temperatura he reconocido en el otoño de 1802, reina en el mar del Sud é influye de una manera sensible en el clima del litoral. Esta segunda corriente lleva las aguas frias de las altas latitudes australes, hácia las costas de Chile, baña dichas costas y las del Perú, dirigiéndose primeramente del Sud al Norte, y despues, á partir de la bahía de Arica, marcha del Sud-sud-este al Nor-nor-oeste. La temperatura de esta corriente fria no pasa entre los trópicos y en ciertas estaciones del año, de 15° 6, mientras que en las aguas mansas inmediatas, sube hasta 27° 5, y aun hasta 28° 7. Por último, al Sud de Payta, hácia la parte del litoral de la América meridional que sale al Oeste, la corriente se encorva como la misma costa, y se separa de ella yendo de Este á Oeste; de suerte que continuando con rumbo hácia el Norte, el navegante abandona la corriente y pasa de una manera brusca del agua fria al agua caliente.

Ignoramos á qué profundidad se detiene el movimiento de las masas de aguas calientes ó frias que asi son arrastradas por las corrientes oceánicas; el reflejarse la corriente de la costa meridional del Africa en el banco de las Agullas, cuya profundidad es de 70 á 80 brazas, induce á sospechar que aquel movimiento se propague hasta las mas hondas capas. Merced á un descubrimiento del venerable Franklin, el termómetro ha llegado á ser hoy una verdadera sonda. Con efectó, casi siempre es posible reconocer

la presencia de un bajío ó de un banco de arena colocado fuera de las corrientes, por el descenso de temperatura de las aguas que le cubren. Este fenómeno, del cual puede sacarse partido para hacer mas segura la navegacion, proviene á mi juicio, de que las aguas profundas, arrastradas por el movimiento general de los mares, suben las pendientes que rodean á los bajíos, y van á mezclarse con las capas de agua superiores. Mi inmortal amigo sir Humphry Davy, ha dado esta otra esplicacion: las moléculas de agua que durante la noche se enfrian por via de irradiacion, descienden hácia el fondo del mar; pero encima de un bajío, quedan estas moléculas mas cerca de la superficie, conservándose asi la temperatura á una menor elevacion que por cualquiera otra parte. Sobre los bajíos suelen formarse con frecuencia nieblas, porque el agua fria que los cubre determina una precipitacion local de los vapores contenidos en la atmósfera. Yo he visto muchas veces estas nieblas al Sud de la Jamaica y en el mar del Sud; sus contornos definidos, vistos desde lejos, reproducian exactamente la forma de los bajíos, como verdaderas imágenes aéreas en que se reflejaban los accidentes del suelo submarino. El agua fria que cubre ordinariamente los bajíos, produce efectos todavía mas sorprendentes en las altas regiones de la atmósfera, donde casi obra como las islas aplanadas de coral ó de arena, siendo muy comun ver en pleamar, lejos de las costas y en un cielo sereno, nubes suspendidas sobre los puntos donde están situados los bajíos, en cuyo caso se puede observar con el auxilio de la brújula la direccion de aquellos puntos, como si se tratase de una cadena de montañas ó de un pico aislado.

Con una superficie menos variada que la de los continentes, encierra, sin embargo, el mar en su seno una exhuberancia de vida, de la que ninguna otra region del globo basta á darnos idea. Cárlos Darwin nota con razon en su

interesante *Diario de viaje*, que nuestros bosques terrestres no abrigan, ni con mucho, tantos animales como los del Océano; que el mar tiene tambien sus bosques compuestos por las largas yerbas marinas que crecen en los bajíos, ó por flotantes bancos de fucos arrancados por las corrientes y las olas, cuyas ramas desunidas suben hasta la superficie por causa de sus células que el aire hincha. La admiracion que produce la profusion de las formas orgánicas en el Océano, se acrecienta cuando se usa el microscopio, porque se reconoce entonces que el movimiento y la vida lo han invadido todo. A profundidades que esceden en altura á las mas poderosas cadenas de montañas, cada capa de agua está animada por poligástricos, ciclidias y ofridinas: pululan allí los animalillos fosforescentes, los mammarios del órden de los acalefos, los crustáceos, los peridinios y las nereidas, cuyos innumerables enjambres salen á la superficie por ciertas circunstancias meteorológicas, y transforman entonces cada ola en espuma luminosa. La abundancia de estos pequeños séres vivientes es tal, y tal la cantidad de materia animal que resulta de su rápida descomposicion, que el agua del mar se convierte en verdadero líquido nutritivo para animales mucho mayores.

El mar no ofrece, ciertamente, fenómeno alguno mas digno de ocupar la imaginacion, que ese lujo de formas animadas, esa afinidad de séres microscópicos, cuya organizacion, no por pertenecer á un órden inferior, es menos delicada y variada; pero tambien origina otras emociones mas profundas, y casi me atreveria á decir mas solemnes, por la inmensidad del cuadro que desarrolla á la vista del navegante. Aquel que aspira á crear dentro de sí mismo un mundo aparte donde pueda ejercerse libremente la actividad espontánea de su alma, se siente lleno de la idea sublime de lo infinito al aspecto de un mar sin orillas, donde su mirada busca principalmente los lejanos horizontes; allá el

cielo y el agua parecen confundirse en vaporoso contorno, por el cual los astros salen y se ponen alternativamente. Bien pronto esta eterna vicisitud de la naturaleza despierta en nosotros el vago sentimiento de tristeza que acompaña á toda humana alegría. La particular predileccion que el mar me inspira y el grato recuerdo de las impresiones que el elemento líquido, ya reposado en medio de la calma de la noche, ó en lucha contra las fuerzas de la naturaleza, ha producido en mí en la region de los trópicos, es lo que me determina á señalar los goces individuales de la contemplacion, antes de las consideraciones generales que me restan por enumerar. El contacto del mar ejerce indudablemente una influencia saludable en la moralidad y en el progreso intelectual de gran número de pueblos, pues multiplica y estrecha los lazos que deben unir un dia todos los miembros de la humanidad en un solo haz. Si es posible llegar al conocimiento completo de la superficie de nuestro planeta, lo debemos al mar, como le debemos ya los mas bellos progresos de la astronomía y de las ciencias físicas y matemáticas. Al principio, parte de esta influencia se ejercia únicamente en el litoral del Mediterráneo y en las costas occidentales del Sud del Asia; pero se ha generalizado desde el siglo XVI, estendiéndose aun á los pueblos que viven lejos del mar en el interior de los continentes. Desde la época en que Cristóbal Colon fué enviado á librar al Océano de sus cadenas (así una voz desconocida le hablaba en una aparicion que tuvo, hallándose enfermo á orillas del rio Belem) (74), el hombre ha podido lanzarse á regiones ignotas, desligado ya su espíritu de toda traba.

La segunda envuelta de nuestro planeta, la esterior y universal, es el Océano aéreo, en cuyos bajios (mesetas y montañas) habitamos; y nos presenta seis clases de fenómenos, íntimamente ligados entre sí por una dependencia mútua. Estos fenómenos proceden de la constitucion quí-

mica del aire, de las variaciones que esperimenta su diafanidad, su coloracion, y la manera con que polariza la luz; y nacen de los cambios de densidad ó de presion, de temperatura, de humedad y de tension eléctrica. El aire, además de contener el oxíjeno que es el primer elemento de la vida animal, posee otro atributo no menos importante, cual es el de servir de conductor al sonido, y serlo por consiguiente del lenguaje, ideas y relaciones, sociales para los pueblos. Si el globo terrestre careciera de atmósfera como nuestra Luna, no seria mas que un desierto silencioso.

Desde principios de este siglo, la proporcion de los elementos que forman las capas accesibles del aire ha sido objeto de contínuas investigaciones, en las cuales hemos tomado una parte muy activa Gay-Lussac y yo. La análisis química de la atmósfera ha llegado en estos últimos tiempos á un alto grado de perfeccion, merced á los escelentes trabajos que Dumas y Boussingault han hecho con arreglo á nuevos métodos de mayor exactitud. Segun dicha análisis, el aire seco contiene en volúmen 20,8 de oxígeno y 79,2 de ázoe; y además, de 2 á 5 diez milésimas de ácido carbónico, menor cantidad aun de gas hidrógeno (75), y, segun las importantes investigaciones de Saussure y de Liebig, algunos vestigios de vapores amoniacales, que suministran á las plantas el ázoe en ellas encerrado (76). Algunas observaciones de Lewy nos inducen á creer que la proporcion de oxígeno varia algo segun las estaciones, y segun que el aire se recoja del interior de los continentes ó de la atmósfera del mar; y en efecto, si la inmensa cantidad de organizaciones animales que alimenta el mar puede hacer que varie la proporcion del oxígeno en el agua, compréndese que debe resultar de aquí una alteracion correspondiente en las capas de aire próximas á la superficie (77). El aire recogido por Martins en el Faul-horn á 2,762 metros de altura no era menos rico en oxígeno que el aire de París (78).

La introduccion del carbonato amoniacal en la atmósfera, es probablemente anterior á la aparicion de la vida orgánica sobre la superficie del globo. Las fuentes de que proviene el ácido carbónico á la atmósfera, son infinitas (79). Señalaremos en primer lugar la respiracion de los animales: estos extraen el carbono de las sustancias vegetales de que se alimentan, y á su vez los vegetales lo toman de la atmósfera. El interior de la tierra, en las regiones donde hay volcanes apagados y fuentes termales, es un manantial abundante de ácido carbónico. Lo produce tambien el carbono á espensas del hidrógeno carbonado que existe en la atmósfera y cuya descomposicion se efectúa por las descargas eléctricas de las nubes, tan frecuentes en los trópicos. Otras sustancias, miasmas y emanaciones pestilentes, se mezclan accidentalmente, sobre todo en las regiones mas cercanas del suelo, á los elementos que acabamos de indicar, como partes constitutivas de la composicion normal del aire en todas las alturas accesibles. Verdad es que estos gases no son aun del dominio de la análisis química; pero es un hecho que no admite duda el de su existencia en ciertas regiones de la atmósfera; antes bien los datos mejor comprobados de la patología y los fenómenos que acompañan á la incesante descomposicion de las materias vegetales ó animales en toda la superficie del globo, la establecen superabundantemente. Prescindiendo de las regiones pantanosas y de las playas cubiertas de moluscos putrefactos ó de manojos de *rhizophora mangle* y de *avicenias*, existen circunstancias en las cuales ciertos vapores amoniacales y nitrosos, hidrógeno sulfurado y aun compuestos análogos á las combinaciones de bases múltiples (ternarias y cuaternarias) del reino vegetal (80), pueden mezclarse al aire y enjendrar la terciana ó el tifus. Ciertas nieblas que exhalan un olor particular, nos ofrecen ejemplos de las mezclas que pueden efectuarse accidentalmente en las regiones in-

feriores de la atmósfera. Además, los vientos y las corrientes producidas por el calentamiento del suelo, elevan á las veces á grande altura sustancias sólidas reducidas á polvo fino: tal es el que cae hácia las islas del Cabo Verde oscureciendo la atmósfera á grandes distancias, sobre cuyo fenómeno llamó Darwin la atencion de los sabios hasta que Ehrenberg descubrió que aquel polvo contiene innumerables infusorios de conchas silíceas.

Enumerando ahora los fenómenos principales que caracterizan la atmósfera, tendremos que distinguir:

1.° Las *variaciones de la presion atmosférica*: Comprenden las oscilaciones horarias del barómetro, especie de marea atmosférica que no puede atribuirse á la atraccion lunar, y que varía considerablemente con la latitud geográfica, con las estaciones y con la altura del lugar de observacion (81).

2.° *La distribucion de los climas y del calor:* Depende de la posicion relativa de las masas diáfanas y de las opacas, y de la configuracion hipsométrica de los continentes. Estas relaciones determinan la posicion geográfica y la curvatura de las líneas isotermas en el sentido horizontal y vertical, es decir, sobre una misma superficie de nivel, y en la série de las capas superpuestas.

3.° *La distribucion de la humedad*, que depende de la proporcion que existe entre la superficie de las tierras y la del Oceano, de la distancia al Ecuador y de la altura sobre el nivel del mar; es necesario distinguir entre sí las diferentes formas que los vapores acuosos revisten al precipitarse, pues varían con la temperatura, la direccion y el órden de sucesion de los vientos.

4.° *El estado eléctrico de la atmósfera*, cuyo orígen se debate todavía cuando se trata de la electricidad desarrollada en un cielo sereno. Bajo este epígrafe habremos de examinar qué relaciones unen la ascension de los vapores á la

tension eléctrica y á la figura de las nubes, señalando la influencia que les toca á las horas del dia, á las estaciones, á los climas y á la configuracion de las regiones constituidas por bajas llanuras ó elevadas mesetas; inquiriendo las causas de la rareza ó frecuencia de las tempestades, de su periodicidad y de su formacion en el estío ó en el invierno; é indicando en fin, las relaciones de la electricidad con el granizo nocturno, fenómeno estremadamente raro, y con las trombas (torbellinos de agua ó de arena) sobre las cuales ha hecho Peltier ingeniosas observaciones.

Las variaciones horarias del barómetro presentan bajo los trópicos dos *máxima*, á las nueve ó nueve y cuarto de la mañana, y á las diez y media ú once menos cuarto de la noche; y dos *mínima* hácia las cuatro ó cuatro y cuarto de la tarde, y á las cuatro de la madrugada, es decir, casi á las horas de mas calor y mas frio del dia. El estudio de estas variaciones ha sido para mí, durante mucho tiempo, objeto de asíduas observaciones de dia y de noche (82).

Su regularidad es tal, que por la simple inspeccion del barómetro se puede determinar la hora, especialmente de dia, sin temor de equivocarnos en mas de 15 á 17 minutos por término medio; y es tal su permanencia, que ni las tempestades, ni las tormentas, ni las lluvias, ni los temblores de tierra, la afectan en nada, y así persiste en las cálidas regiones del litoral del Nuevo-Mundo, como en las mesetas de mas de 4.000 metros de elevacion, en que la temperatura media desciende á 7.° La amplitud de las oscilaciones diurnas decrece de 2,98 á 0,41 milímetros, desde el Ecuador hasta el 70.° paralelo de latitud norte, bajo él cual ha hecho Bravais una série de observaciones exactísimas (83). Háse creido que en parajes mucho mas próximos al polo, la altura media del barómetro era menor á las diez de la mañana que á las cuatro de la tarde, de suerte que en estos climas se hallarian realmente invertidas las horas

del máximun y del mínimum; pero las observaciones de Parry en el puerto de Bowen (73° 14′) en nada justifican esta creencia.

A causa de las corrientes ascendentes de la atmósfera, la altura media del barómetro es algo menor en el ecuador y generalmente en los trópicos, que en las zonas templadas (84); y parece adquirir su máximum en la Europa occidental, entre los paralelos de 40 y 45.° Kæmtz ha propuesto para el estudio de la distribucion de estos fenómenos en la superficie del globo, un modo de representacion gráfica, que consiste en unir por medio de curvas los lugares en que las diferencias medias son iguales entre las estremas alturas *mensuales* del barómetro; tales son las líneas *isobarométricas*, cuya situacion y curvaturas geográficas conducen á resultados importantes para el estudio de la influencia que la configuracion de las tierras y la estension de los mares ejercen sobre las oscilaciones de la atmósfera. El Indostan, con sus altas cadenas de montañas y su península triangular, y las costas orientales del nuevo continente hácia el punto en que las aguas calientes del Gulf-Stream se dirigen al Este (Terra-Nova), presentan oscilaciones isobarométricas mas considerables que las Antillas y la Europa occidental. Los vientos reinantes son la causa principal que determina la disminucion de la presion atmosférica; y donde quiera que esta presion disminuye, la altura media del mar aumenta en la misma proporcion (85), segun así aparece de las observaciones de Danssy. Las variaciones que se reproducen regularmente por períodos horarios ó anuales, en la presion atmosférica; los cambios bruscos, por lo comun peligrosos (86), que ocurren accidentalmente en la misma presion, y en general, todos los fenómenos cuyo conjunto constituye el estado del cielo, deben atribuirse en gran parte al poder calorífico de los rayos del Sol; de donde resulta, que la direccion de los

vientos, la altura del barómetro, los cambios de temperatura y el estado higrométrico del aire, son fenómenos conexos. Los resultados de una larga série de observaciones, empezadas ha ya mucho tiempo á propuesta de Lambert, se hayan reducidos á tablas que indican la presion atmosférica correspondiente á la área de cada viento; cuyas tablas conocidas con el nombre de *rosas barométricas de los vientos*, han permitido escudriñar mas profundamente el enlace de los fenómenos metereológicos (87). Dove ha reconocido con exactitud de admirable cálculo, que la ley de rotacion de los vientos, por él mismo establecida para ambos hemisferios, es la causa de muchos de los grandes fenómenos que tienen lugar en el Oceano aéreo (88). La diferencia de temperatura entre las regiones equinocciales y las polares, engendra dos corrientes opuestas, la una en las altas regiones de la atmósfera, y la otra en la superficie del globo. Como los puntos situados hácia el ecuador y los situados hácia los polos, están animados de velocidades de rotacion muy diversas, resulta que la corriente que viene del polo, se inclina hácia el Este, en tanto que la corriente equinoccial se dirige al Oeste. De la lucha de estas dos corrientes; del lugar en que la superior cae y toca en la superficie, y de su recíproca penetracion, dependen las mas importantes variaciones de la presion atmosférica, los cambios de temperatura en las capas de aire y la precipitacion de los vapores acuosos condensados, así como la formacion y la variedad de figuras que las nubes toman, segun observaciones de Dove. El aspecto de las nubes que dá á los paisajes tanto movimiento y encanto, nos anuncia lo que pasa en las altas regiones de la atmósfera; cuando el aire está en calma, las nubes dibujan en el cielo de un caluroso dia de verano, «la imagen proyectada» del suelo que tan abundantemente irradia calórico hácia el espacio.

Cuando la iradiacion obra sobre grandes superficies

continentales y *oceánicas*, cuya posicion relativa satisface á ciertas condiciones, como entre la costa oriental del Africa y la costa occidental de la península indica, sus efectos se hacen patentes, produciendo los monzones de los mares de la India (89), ó el Híppalos de los navegantes griegos, cuya direccion, periódicamente variable con la declinacion del Sol, ha sido fácilmente reconocida y utilizada desde la mas remota antigüedad. Así comenzó la meteorologia: el conocimiento de los monzones, esparcidos en el Indostan, en China, en el Oriente del golfo arábigo, al Oeste del mar Malayo; la nocion aun mas antigua y mas general de las brisas de tierra y mar, tales fueron los primeros, los débiles rudimentos de una ciencia que hoy hace rápidos progresos. Las *estaciones magnéticas*, cuya larga série atraviesa ahora, desde Moscou á Pekin, todo el Asia septentrional, y cuyos trabajos deben abrazar el magnetismo terrestre, y los demás fenómenos meteorológicos, están llamadas á esclarecer con importantes resultados la teoría de los vientos. Comparando las observaciones recogidas en diferentes puntos de esta inmensa línea, se podrá decidir, por ejemplo, si los vientos del Este soplan sin interrupcion desde la meseta desierta de Gobi hasta el interior del Imperio ruso, ó si la corriente producida por la precipitacion del aire en las altas regiones no empieza hasta la mitad de la cadena de los apostaderos. Entonces se sabrá positivamente de *donde viene el viento*. Si no se tienen en cuenta para el resultado que se busca sino los lugares donde se han hecho durante mas de veinte años las observaciones sobre la direccion de los vientos, conócese (segun los últimos cálculos tan cuidadosos de G. Mahlmann) que el viento de *Oeste-Sud-Oeste* es el *viento reinante* en las latitudes medias de las zonas templadas de ambos continentes.

Nuestras ideas respecto de *la distribucion del calor atmosférico* han ganado en claridad, en cierto sentido, desde

que se ha procurado someter los fenómenos á un modo uniforme de representacion gráfica, relacionando unos con otros, por un sistema de líneas, todos los puntos en que las temperaturas medias del año, del verano y del invierno, han sido determinadas con exactitud. El sistema de las líneas *isotermas*, *isoteras* é *isoquimenas*, que yo propuse en 1817, podrá quizás prestar una base cierta á la climatologia comparada, si los físicos consienten en reunir sus esfuerzos para perfeccionarle. De esta manera es como el estudio del magnetismo terrestre ha llegado á ser una verdadera ciencia, desde el momento en que los resultados parciales fueron reunidos y representados gráficamente por líneas de igual declinacion, de igual inclinacion y de igual intensidad.

La palabra *clima*, tomada en su acepcion mas general, sirve para señalar el conjunto de variaciones atmosféricas que afectan nuestros órganos de una manera sensible, á saber: la temperatura, la humedad, los cambios de la presion barométrica, la calma de la atmósfera, los vientos, la tension mas ó menos fuerte de la electricidad atmosférica, la pureza del aire ó la presencia de miasmas mas ó menos deletéreos, y por último, el grado ordinario de transparencia y de serenidad del cielo. Este último dato no influye únicamente sobre los efectos de la irradiacion calorífica del suelo, en el desarrollo orgánico de los vejetales y la madurez de los frutos, sino que tambien en la moral del hombre y la armonía de sus facultades.

Si la superficie de la tierra estuviese formada de un solo fluido homogéneo, ó de capas de un mismo color, igual densidad, el propio brillo, idéntica facultad de absorber los rayos solares, y análogo poder de irradiar el calórico hácia los espacios celestes, todas las líneas isotermas, isoteras é isoquimenas se dirigirian paralelamente al Ecuador. Bajo esta hipótesis las cualidades absorbente y emisiva para el

calor y para la luz, se hallarian por todas partes de la superficie del globo en paridad de latitud. De este estado medio, que no escluye ni las corrientes de calórico en el interior del globo ni en su envuelta gaseosa, ni la propagacion del calor por las corrientes de aire, es de donde debe partir la teoría matemática de los climas, como de un estado primitivo. Todo lo que altera los poderes absorbente y emisivo en algunos puntos situados en paralelos iguales, produce una inflexion en las líneas isotermas. La naturaleza de estas inflexiones; los ángulos en que las líneas isotermas, isoteras, isoquimenas, cortan los círculos de latitud; la posicion del vértice de su convexidad ó de su concavidad con relacion al polo del hemisferio correspondiente, son efectos de causas que modifican, mas ó menos poderosamente, la temperatura bajo las diferentes latitudes geográficas.

Es útil al progreso de la climatologia el que la civilizacion europea se haya establecido sobre dos continentes opuestos, ó mas bien que haya irradiado de nuestra costa occidental hasta una costa oriental, atravesando la gran cuenca del Atlántico. Cuando despues de muchas tentativas efímeras en Islandia y en Groenlandia, fundaron al fin los habitantes de la Gran Bretaña sobre el litoral de los Estados-Unidos de América sus primeras colonias duraderas, cuya poblacion aumentó rápidamente, por virtud de las persecuciones religiosas, del fanatismo y del amor á la libertad, los colonos que vinieron á establecerse entre la Carolina del Norte y la embocadura del rio San Lorenzo, se admiraron de esperimentar inviernos mucho mas frios que los de Italia, Francia y la Escocia, bajo iguales latitudes que la de estos países. Semejante diferencia de climas debia fijar la atencion; y sin embargo, esta observacion no fué realmente fecunda en resultados para la meteorologia, sino cuando pudo fundarse en datos numéricos, espresivos de las temperaturas medias anuales. Comparando de esta ma-

nera Nain en la costa del Labrador con Gothenburg, Halifax con Burdeos, New-York con Nápoles, San Agustin en la Florida con el Cairo, se nota, que para las mismas latitudes, las diferencias entre las temperaturas medias del año en la América oriental y las de la Europa occidental son, yendo del Norte al Sud, 11° 5, 7° 7, 3° 8 y casi 0°. El decrecimiento progresivo de estas diferencias en una série que comprende 28° de latitud, es sorprendente. Mas lejos, hácia el Sud, bajo los mismos trópicos, las líneas isotermas son siempre paralelas al Ecuador. Por los ejemplos precedentes se ve que estas cuestiones tan frecuentes en los círculos de la sociedad: ¿cuántos grados es la América mas fria que la Europa? (sin distinguir entre las costas del Oeste y las del Este) ¿qué diferencia hay entre las temperaturas medias del año en el Canadá ó en los Estados-Unidos y las de la Europa? «vése, repetimos, que bajo una forma tan absoluta, tan general, tales cuestiones carecen de sentido. La diferencia, en efecto, no es constante, pues varía de un paralelo á otro; y sin una comparacion especial de las temperaturas del verano y del invierno sobre las costas opuestas, es imposible formarse idea exacta de las verdaderas relaciones que existen entre los climas, ni apreciar su influencia sobre la agricultura, la industria y el bienestar de los pueblos.

Al señalar las causas que pueden modificar la forma de las líneas isotermas, distinguiré las que elevan la temperatura de las que tienden á hacerla descender. La primera clase comprende:

La proximidad de una costa occidental en la zona templada;

La configuracion particular á los continentes que están divididos en penínsulas numerosas;

Los mediterráneos ó los golfos que penetran profundamente en las tierras;

La orientacion, es decir, la posicion de una tierra relativamente á un mar sin hielos, que se estiende mas allá del círculo polar, ó con relacion á un continente de una estension considerable, situado sobre el mismo meridiano hácia el Ecuador, ó cuando menos en el interior de la zona tropical;

La direccion Sud y Oeste de los vientos reinantes, tratándose del borde occidental de un continente situado en la zona templada, y sirviendo las cadenas de montañas de amparo y abrigo contra los vientos que llegan de regiones mas frias;

La falta de pantanos cuya superficie queda cubierta de hielo en la primavera y hasta principio del estío;

La carencia de bosques en un terreno seco y arenoso;

La serenidad constante del cielo durante los meses de verano;

La proximidad, en fin, de una corriente pelágica, si sus aguas son mas calientes que las del mar circundante.

Entre las causas que hacen descender la temperatura media, coloco:

La altura sobre el nivel del mar de una region que no presente cimas considerables;

La cercanía de una costa occidental para las latitudes altas y medias;

La configuracion compacta de un continente cuyas costas estén desprovistas de golfos;

Una gran estension de tierras hácia el polo y hasta la region de las nieves perpétuas, á menos que no haya entre la tierra y esta region un mar constantemente libre de hielo en el invierno;

Una posicion geográfica tal, que las regiones tropicales de igual longitud estén ocupadas por el mar, ó en otros términos, la ausencia de toda tierra tropical bajo el meridiano del país cuyo clima se trata de estudiar;

Una cadena de montañas que por su forma ó direccion se oponga al acceso de los vientos calientes, ó bien aun, la proximidad de picos aislados, por causa de las corrientes de aire frio que bajan á lo largo de sus vertientes;

Los bosques de gran estension, porque impiden la accion de los rayos solares sobre el suelo; porque sus órganos apendiculares (hojas) provocan la evaporacion de una gran cantidad de agua en virtud de su actividad orgánica, y porque aumentan la superficie capaz de enfriarse por irradiacion. Los bosques obran, pues, de tres maneras: por su sombra, por su evaporacion y por su irradiacion;

Los numerosos pantanos que forman en el Norte, hácia la mitad del estío, verdaderos ventisqueros en medio de las llanuras;

Un cielo nebuloso de verano, porque intercepta parte de los rayos del Sol;

Un cielo de invierno muy puro, porque favorece la irradiacion del calórico (90).

La accion simultánea de todas estas causas reunidas, de aquellas sobre todo que dependen de las relaciones de estension y configuracion de las masas opacas (los continentes) y de las masas diáfanas (los mares), determinan las inflexiones de las líneas isotermas proyectadas sobre la superficie del globo. Las perturbaciones locales engendran los puntos convexos y cóncavos de estas líneas. Como son de diferentes órdenes estas causas, deberá cada órden considerarse primero aisladamente. Mas tarde, para obtener su efecto total sobre el movimiento de las líneas isotermas, es decir, sobre la direccion y las curvaturas locales de estas líneas, examinaremos cómo se modifican dichas causas reunidas, y cómo se anulan ó se refuerzan mútuas mente, como si se tratase de pequeños movimientos ondulatorios que se encuentran y se cruzan. Tal es el espíritu del método por el cual me lisonjeo en creer que será posible un

dia someter inmensas séries de hechos, en apariencia aislados, á leyes empíricas espresadas numéricamente, y poner de manifiesto su recíproca dependencia.

Los alisios (vientos del Este de la zona tropical), producen remolinos ó contra-corrientes que imprimen la direccion Oeste ú Oeste-Sud-Oeste á los vientos reinantes de las dos zonas templadas; son, pues, estos últimos vientos, terrales relativamente á una costa oriental, y vientos marítimos respecto de una costa occidental. Ahora bien; no siendo la superficie del mar tan susceptible de enfriarse como la de los continentes á causa de la enorme masa de las aguas y de la precipitacion inmediata de las partículas enfriadas, resulta de aquí que las costas occidentales deben ser mas cálidas que las costas orientales, siempre que no venga á modificar su temperatura alguna corriente oceánica. Esta diferencia fue señalada la primera vez por un jóven compañero de Cook, el ingenioso Jorge Forster, que ha contribuido de una manera tan eficaz á alimentar en mí el gusto por las espediciones lejanas. Otro tanto sucede con la analogía que existe respecto de la temperatura, entre la costa occidental de la América del Norte, bajo las latitudes medias, y la costa occidental de Europa (91).

Aun en las regiones del Norte se nota una sorprendente diferencia entre las temperaturas medias anuales de las costas orientales y la de las costas occidentales de America. En Nain, en el Labrador (lat. 57° 10′), es la temperatura de 3°, 8 bajo 0°: mientras que es todavía de 6°, 9 sobre 0° en Neu-Archangelsk, en la costa Noroeste de la América rusa. La temperatura media del estío es apenas de 6°, 2 en el primer lugar, y de 13°, 8 en el segundo. Pekin (39° 54′) en la costa oriental del Asia, posee una temperatura media anual (11° 3) menor que la de Nápoles, que no obstante está situado algo mas al Norte: la diferencia escede de 5°. La temperatura media del invierno en Pekin es, por lo me-

nos, de 3° bajo 0°; y en la Europa occidental, en el mismo París (lat 48° 50′), de 3°, 3 sobre 0°. Los inviernos de Pekin son tambien, por término medio, dos grados y medio mas frios que los de Copenhague, á pesar de la situacion mucho mas septentrional de esta última ciudad (17° de latitud mas al Norte que Pekin).

Hemos dicho ya con qué lentitud sigue la enorme masa de las aguas del Océano las variaciones de temperatura de la atmósfera, deduciendo la consecuencia de que el mar sirve para igualar las temperaturas, y templar los rigores del invierno á la vez que los calores del estío. De aquí una importante oposicion entre el clima de las islas ó de las costas, propio á todos los continentes articulados, ricos en penínsulas y en golfos, y el clima del interior de una gran masa compacta de tierras firmes; contraste desarrollado completamente la primera vez por Leopoldo de Buch, sin que sus rasgos característicos, ni sus efectos sobre la fuerza de la vegetacion, el desenvolvimiento de la agricultura, la trasparencia del cielo, la irradiacion calorífica del suelo y la altura de las nieves perpétuas, hayan escapado al gran geólogo. En el interior del Asia, Tobolsko, Barnol del Obi é Irkustk tienen los mismos estíos que Berlin, Münster y Cherburgo, si bien á estíos semejantes suceden inviernos cuya espantosa temperatura media fluctúa entre los 18 y 20°, siendo frecuente que en los meses del estío se mantenga el termómetro semanas enteras entre 30 y 31°. Estos *climas continentales* recibieron con justicia el nombre de *escesivos* que el célebre Buffon les dió; y los habitantes de las regiones en que reinan tales climas escesivos, parece como que estan condenados como las almas en pena del purgatorio del Dante (92),

A sofferir tormenti caldi e geli.

Jamás he encontrado en parte ninguna del mundo, ni aun en el mediodia de Francia, en España ó en las islas

Canarias, tan buenos frutos, y, sobre todo, tan hermosos racimos de uva, como en los alrededores de Astrakan, á orillas del mar Caspio (lat. 46° 21′). La temperatura media del año es allí próximamente de 9°; la del estío sube á 21°, 2 como en Burdeos; pero en invierno el termómetro desciende á 25° y á 30. Lo mismo sucede en Kislar á la embocadura del Terek, aunque esta última ciudad es aun mas meridional que Astrakan (como las latitudes de Avignon y de Rímini próximamente).

El clima de Irlanda, de las islas de Jersey y de Guernesey, de la península de Bretaña, de las costas de Normandía y de la Inglaterra meridional, paises de inviernos dulces y de veranos frescos y nebulosos, contrasta estraordinariamente con el clima *continental* del interior de la Europa oriental. Al Nord-Este de Irlanda (lat. 54° 56′), en la misma latitud que Kœnigsberg en Prusia, crece el mirto al aire libre como en Portugal. La temperatura del mes de Agosto llega á 21° en Hungría; mientras que en Dublin (igual línea isoterma de 9° $^1/_2$) no pasa de 16°. La temperatura media de invierno desciende á 2°, 4 en Buda; y en Dublin, donde la temperatura anual no es mas que de 9°, 5, la del invierno llega hasta 4°, 3 sobre el hielo, que vienen á ser 2° mas que en Milan, Pavía, Padua y casi toda la Lombardía, en donde el calor medio del año sube á 12°, 7. En las Orcadas (Stromness), un poco mas al Sud que Stokolmo (la diferencia de latitud es de medio grado), la temperatura media del invierno es de 4°, es decir, mas elevada que la de París, y casi tanto como la de Lóndres. Ademas, en las islas de Feroe, situadas á los 62° de latitud bajo la dulce influencia del viento de Oeste y del mar, las aguas interiores nunca se hielan. En las risueñas costas del Devonshire, uno de cuyos puertos (Salcombe) se denomina el Montpellier del Norte por la benignidad de su clima, se ha visto florecer al aire libre el *agave* mejicano, y dar fruto

naranjos en espaldera, con estar solo abrigados por algunas esteras. Allá, como en Penzancio, en Gosport y Cherburgo, en las costas de la Normandía, la temperatura media del invierno es de 5°, 5, é inferior por consiguiente á las de Montpellier y Florencia en 1°, 3 (93). Estas comparaciones demuestran suficientemente de cuántas maneras puede repartirse una sola y misma temperatura media anual entre las diferentes estaciones, y como estos diversos modos de distribuirse el calórico en el curso del año, influyen en la vejetacion, en la agricultura, la sazon de los frutos y el bienestar material del hombre.

Las líneas que he llamado *isoquimenas* é *isôteras* (líneas de iguales temperaturas de invierno y de estío) no son en modo alguno paralelas á las líneas isotermas (líneas de iguales temperaturas anuales). Si allá donde los mirtos crecen al aire libre, y donde el suelo no se cubre jamás en invierno de nieve permanente, las temperaturas del verano y del otoño bastan apenas para que sazonen las manzanas; y si para dar vino potable huyen los viñedos de las islas y de casi todas las costas, aun de las occidentales, no debe esto atribuirse únicamente á la baja temperatura que reina por el estío en el litoral; pues la razon de estos fenómenos, no está en las indicaciones producidas por los termómetros suspendidos á la sombra, sino que es preciso buscarla en la influencia de la luz directa, que hasta aquí para nada se ha tenido en cuenta, aunque se manifieste en multitud de fenómenos, como, por ejemplo, en la combustion de una mezcla de hidrógeno y de cloro. Existe bajo este respecto una diferencia capital entre la luz difusa y la luz directa, entre la luz que atraviesa un cielo sereno, y la que se debilita y dispersa en todos sentidos, en un cielo nebuloso; diferencia sobre la cual hace ya tiempo (94) que procuré llamar la atencion de los físicos y los fitólogos, como tambien sobre la cantidad de calórico, desconocida aun, que la accion de la

luz directa desarrolla en las células de los vegetales vivientes.

Si recorremos la escala térmica de los diferentes géneros de cultivo (95) empezando por aquellos que exigen mas cálidos climas, encontraremos sucesivamente la vainilla, el cacao, el pisang y el cocotero; y despues el ananas, la caña dulce, el arbol del café, la palmera, el limonero, el olivo, el castaño fino y la vid que produce vino potable. Estudiando la distribucion de estos diversos cultivos en los llanos y las vertientes de las montañas, es fácil comprender, que sus límites geográficos no están regulados esclusivamente por las temperaturas medias anuales. Así, pues, para que la viña dé vino potable (96), no basta que el calor medio del año esceda de 9° $^1/_2$, sino que es preciso ademas que á una temperatura de invierno superior á + 0° 5, siga una temperatura media de 18° por lo menos durante el estío. En el valle de Garonne, en Burdeos (lat. 44° 50′), las temperaturas medias del año, del invierno, del verano y del otoño, son respectivamente: 13°, 8; 6°, 2; 21°, 7; 14°, 4. En las llanuras del litoral del mar Báltico (lat. 52°), donde el vino no es ya potable, aunque sin embargo se consuma, corresponden á dichos números los siguientes: 8°, 6;—0°, 7; 17°, 6; 8°, 6. Indudablemente debe existir una oposicion muy marcada entre estos dos climas, de los cuales el uno es eminentemente favorable al cultivo de la viña, mientras que el otro llega al límite en que este cultivo deja de dar producto; y parece por tanto sorprendente á primera vista que las indicaciones termométricas no señalen con mayor precision semejante diferencia; la estrañeza sin embargo, será menor considerando que un termómetro colocado á la sombra, enteramente al abrigo, ó casi por completo defendido de los efectos de la insolacion directa y de la irradiacion nocturna, no puede indicar la temperatura del suelo, libremente espuesto á tales influencias, ni las variaciones pe-

riódicas que afectan á la misma temperatura de una á otra estacion.

Las mismas relaciones de climas que se observan entre la península de Bretaña y el resto de la Francia, cuya masa es mas compacta, sus estíos mas cálidos y mas crudos sus inviernos, se reproducen hasta cierto punto entre la Europa y el continente asiático, del cual viene á ser la Europa península occidental. Debe Europa la benignidad de su clima, á su configuracion ricamente articulada; al Océano que baña las costas occidentales del Antiguo Mundo; al mar libre de hielos que la separa de las regiones polares; y sobre todo, á la existencia y situacion geográfica del Continente africano, cuyas regiones intertropicales irradian abundantemente y provocan la ascension de una inmensa corriente de aire cálido, al paso que las regiones situadas al Sud del Asia son en gran parte oceánicas. Haríase indudablemente mas fria la Europa (97), si el Africa se sumergiese; si saliendo la fabulosa Atlántide del fondo del Océano uniese la Europa con la América; si las aguas calientes del Gulf-Stream no se vertieran en los mares del Norte; ó si una nueva tierra, levantada por las fuerzas volcánicas, se intercalase entre la península Escandinava y Spitzberg. A medida que avanzamos del Este al Oeste, recorriendo, en un mismo paralelo de latitud, la Francia, la Alemania, la Polonia, la Rusia, hasta la cadena de los montes Ourales, vemos á las temperaturas medias del año seguir una série decreciente; pero tambien al mismo tiempo que penetramos de este modo en el interior de las tierras, la forma del Continente se hace cada vez mas compacta, auméntase su anchura, la influencia del mar disminuye, y la de los vientos del Poniente se deja sentir menos: circunstancias en donde hay que buscar la principal razon del descenso progresivo de la temperatura. En las regiones situadas mas allá del Oural, los vientos del Oeste llegan ya á

convertirse en vientos terrales, y al penetrar en aquellas comarcas despues de haber soplado sobre grandes estensiones de tierras heladas y cubiertas de nieve, las enfria en vez de calentarlas. El rigor del clima de la Siberia occidental es un efecto de estas causas generales, debido á la configuracion de la tierra firme y á la naturaleza de las corrientes atmosféricas; pero no á la grande elevacion del suelo sobre el nivel del mar (98), aunque lo hayan así asentado Hipócrates, Trogue-Pompeyo y mas de un viajero célebre del siglo XVIII.

Dejemos ya las llanuras para ocuparnos de las desigualdades de que está sembrada la superficie poliédrica de nuestro globo, y consideremos las montañas relativamente a su accion sobre el clima de los paises vecinos y á la influencia que ejercen en razon de su altura sobre la temperatura de sus propias cimas, ó aun de sus mesetas. Las cadenas de montañas dividen la superficie terrestre en grandes cuencas, en valles angostos y profundos, y en valles circulares, que encajonados por lo comun como entre murallas, *individualizan* los climas locales (por ejemplo, en Grecia y en una parte del Asia menor) colocándoles en condiciones especiales con relacion al calor, á la humedad, á la trasparencia del aire y á la frecuencia de los vientos y tempestades.

Esta configuracion ha ejercido en todo tiempo una poderosa influencia sobre las producciones del suelo, la eleccion de cultivos, costumbres, formas de gobierno, y aun sobre las enemistades de las razas vecinas. El carácter de la *individualidad geográfica* llega, por decirlo así, á su máximum, cuando la configuracion del suelo, en el sentido horizontal como en el vertical, es lo mas variada posible; hallándose fuertemente grabado por el contrario el carácter opuesto en las estepas del Asia septentrional, en las grandes llanuras herbáceas del Nuevo-Mundo (sábanas, llanos,

pampas), y en los eriales de maleza (ericeta) de Europa, y en los desiertos arenales ó pedregales del Africa.

La ley que sigue el decrecimiento del calor, en diferentes latitudes, á medida que la elevacion aumenta, es de altísima importancia para la meteorologia, y no interesa menos á la geografía de las plantas, ó la teoría de la refraccion terrestre y á las diferentes hipótesis en que se funda la evaluacion de la altura de la atmósfera. Por eso el estudio de esta ley ha sido siempre uno de los principales objetos de mis investigaciones, en las numerosas ascensiones de montañas que he verificado, en las regiones próximas y apartadas de los trópicos (99).

Desde que se sabe con alguna exactitud cómo se distribuye el calor en la superficie del globo, es decir, desde que se estudian las inflexiones y las distancias de las líneas isotermas é isoteras en los diferentes sistemas de la temperatura al Este y Oeste del Asia, de la Europa central y de la América del Norte, no es ya permitido formular de una manera absoluta la siguiente cuestion: ¿á qué fraccion del calor termométrico medio del año ó del estío corresponde una variacion de 1° de latitud sin salir de un mismo meridiano? Existe en cada sistema de líneas isotermas de iguales curvaturas una relacion íntima y necesaria entre estos tres elementos: la disminucion del calor en sentido vertical y de abajo á arriba; la variacion de temperatura por cada cambio de un grado en latitud geográfica; la relacion, finalmente, que se da entre la temperatura media de un punto situado sobre una montaña, y la distancia al polo de otro punto de igual nivel que el mar.

En el sistema de la *América oriental*, la temperatura media anual varía, desde la costa del Labrador hasta Boston 0°,88 por cada grado de latitud; desde Boston á Charleston 0°,95, y de Charleston al trópico de Cáncer (Cuba) la variacion disminuye y no es mas que de 0°,66. Ya en

la zona tropical la variacion de la temperatura media es tan lenta, que desde la Habana á Cumana, el cambio para cada grado de latitud no escede de 0°,20.

Todo lo contrario sucede en el sistema formado por las líneas isotermas de la *Europa central*. Entre los paralelos de 38° y de 71° encuentro que la temperatura decrece uniformemente á razon de medio grado del termómetro por cada grado de latitud; mas como, por otra parte, el calor disminuye un grado en esta region, cuando la altura aumenta 156 á 170 metros, resulta de aquí que 78 ú 85 metros de elevacion sobre el nivel del mar producen el mismo efecto sobre la temperatura anual que un cambio de un grado de latitud hácia el Norte. Así vemos que la temperatura media anual del Convento del Monte San Bernardo, situado á 2.491 metros de elevacion, hácia los 45° 50′ de latitud, vuelve á encontrarse en llanuras situadas á 75° 50′.

Las observaciones hechas por mí hasta 6.000 metros de altura en la parte de la cadena de los Andes comprendida entre los trópicos, me dieron primero un grado de disminucion de temperatura por cada 187 metros de aumento de elevacion. Treinta años despues, mi amigo Boussingault halló que el término medio era de 175 metros. Comparando los lugares situados en la vertiente misma de las cordilleras, con otros puntos de igual altura sobre el nivel del mar, aunque colocados sobre mesetas de gran estension, tengo notado que la temperatura media del año mas elevada es de 1°,5 á 2°, 3 en estos últimos parajes. La diferencia seria mayor sin la pérdida de calórico que produce la irradiacion durante la noche. Como en esta region los climas se encuentran sobrepuestos unos á otros, desde los bosques de cacaos de los bajos llanos hasta la region de las nieves perpétuas; y como la temperatura varía allí muy poco de un cabo á otro del año, se puede formar idea muy exacta de las temperaturas particulares de las grandes ciudades de la cadena

de los Andes, comparándolas á las de Francia é Italia en ciertas épocas del año. Mientras que reina diariamente en las frondosas márgenes del Orinoco una temperatura de mas de 4° que la del mes de agosto en Palermo, á medida que subimos los Andes encontramos en Popayan (1,775 metros) la de los tres meses del estío de Marsella; en Quito (2,908 metros) la de fines del mes de mayo de París; y por último, en los Páramos, donde crecen plantas alpestres, que aunque mezquinas se ven cubiertas de flores, se goza de igual temperatura que la que reina en París á principios de abril.

Cuanto mas próximos del Ecuador nos hallamos, mas elevado es *el límite de las nieves perpétuas*, como tuvo ocasion de observar, y fué el primero, el ingenioso Pedro Martir de Angleria, uno de los amigos de Cristóbal Colon, despues de la espedicion emprendida en octubre de 1510 por Rodrigo Enrique Colmenares. Véase lo que Angleria escribe á este propósito en su bella obra *De Rebus oceanicis* (100): «El rio Gaira desciende de una montaña (en la Sierra Nevada de Santa Marta), que al decir de los compañeros de Colmenares, supera en altura á todas las conocidas; y así debe de ser, en efecto, puesto que tal montaña, situada lo mas á 10° del Ecuador, conserva en todo tiempo la nieve sobre sus cimas.» El límite de las nieves perpétuas, en una latitud dada, le constituye la línea de las nieves que resisten al estío, ó en otros términos, la mayor altura á que puede llegar esta línea en el trascurso entero del año. Debemos distinguir cuidadosamente este dato de los tres fenómenos siguientes: de la oscilacion anual del límite inferior de las nieves; de la caida de la nieve esporádica; y de la formacion de los ventisqueros, que no pueden existir al parecer sino en las zonas frias y templadas. Desde los inmortales trabajos de Saussure, el fenómeno de los ventisqueros ha sido estudiado en los Alpes por Venetz y Charpentier, y

sobre todo por Agassiz, cuya perseverancia é intrepidez esceden á toda ponderacion.

Conocemos ya el límite inferior de las nieves perpétuas; en cuanto á su límite superior, nada hemos de decir, porque aun las cimas mas altas de las montañas no llegan, ni con mucho, á las capas de aire enrarecido que, segun la verosímil opinion de Bougner, no contienen ya vapor vesicular capaz de producir cristales de hielo por via de enfriamiento, ni de tomar de tal modo una forma visible.

El límite inferior de las nieves no es solamente una funcion de latitud geográfica y de la temperatura media anual del lugar en que se encuentran aquellas, porque ni en el Ecuador ni aun en la misma zona tropical es donde este límite llega á su mayor altura sobre el nivel del mar, como se ha creido por mucho tiempo; el fenómeno de que se trata es en general un efecto muy complejo de la temperatura, del estado higrométrico y de la forma de las montañas; y si le sometemos á una análisis todavía mas minuciosa que permiten hoy las últimas observaciones (1), reconoceremos que depende del concurso de un gran número de causas, tales como la diferencia de las temperaturas propias de cada estacion; la direccion de los vientos reinantes y su contacto con el mar ó con la tierra; el grado habitual de sequedad ó de humedad de las capas superiores de la atmósfera; el espesor absoluto de la masa de nieve, caida ó acumulada; la relacion entre la altura del límite inferior de las nieves y la altura total de la montaña; la situacion relativa de esta última en la cadena de que forme parte; una gran escarpadura de las vertientes; la proximidad de otras cimas igualmente cubiertas de nieve perpétua; la estension y la altura absoluta de las llanuras en cuyo seno se eleva la nevada cima como un pico aislado, ó sobre el flanco de una cadena de montañas; y finalmente, la situacion de estos llanos á orillas del mar ó en el interior de los continentes, y el estar

formados de bosques ó de praderas de pantanos ó áridos arenales, y de grandes moles pétreas.

En América, el límite inferior de las nieves llega bajo el Ecuador á la altura del Mont-Blanc de la cadena de los Alpes, y luego desciende hácia el trópico boreal; las últimas medidas le colocan 312 metros próximamente mas bajo en la meseta de Méjico, á los 91° de latitud septentrional. Elévase, por el contrario, hácia el trópico austral, pues segun Pentland, en la cordillera marítima de Chile (de 14° $^1/_2$ á 18° de latitud austral) está dicho límite á 800 metros mas elevado que en el Ecuador, cerca de Quito, en el Chimborazo, el Cotopaxi y el Antisana. El doctor Gillies aseguró tambien que á los 33° de latitud austral el límite de las nieves perpétuas está comprendido entre 4,420 y 4,580 metros en las vertientes del volcan de Penquenas. En aquellos dias puros del estío, la sequedad estremada de la atmósfera favorece hasta tal punto la evaporacion de la nieve, que el volcan de Aconcagua (al nor-oeste de Valparaiso, latitud 32° $^1/_2$) se ha visto alguna vez completamente libre de ella, sin embargo de que cuenta 450 metros de altura mas que el Chimborazo, segun las medidas de la espedicion del Beagle (2).

Casi en el mismo círculo de latitud boreal (de 30° $^3/_4$ á 31°), sobre la vertiente meridional del Himalaya, el límite de las nieves perpétuas está situado á 3,956 metros de altura. Combinando y comparando las medidas practicadas en otras cadenas de montañas, se habia previsto este resultado, que han confirmado plenamente y despues las medidas directas. Pero en la vertiente septentrional, sometida á la influencia de la meseta tibetana, cuya altura media parece ser de 3,500 metros, el límite de las nieves perpétuas sube mas alto y llega próximamente á 4,068 metros. Semejante diferencia ha sido largo tiempo controvertida en Europa y en la India, y yo mismo he consagrado

desde 1820 varios escritos, á fin de esponer mis opiniones acerca de este asunto (3). Tratábase, con efecto, de uno de esos grandes hechos naturales que no interesan solo á los físicos; porque la altura de las nieves perpétuas ha debido ejercer una poderosa influencia en las condiciones de vida de los pueblos primitivos, y casi siempre simples datos meteorológicos han determinado en grandes estensiones de un mismo continente, aquí la existencia agrícola, y en cualquiera otra parte la nómada.

Como la cantidad de vapor contenido en la atmósfera aumenta con la temperatura, resulta de aquí que este elemento debe variar segun las horas del dia, las estaciones, latitudes y alturas. Nuestros conocimientos sobre el elemento higrométrico, que juega un papel tan importante en la creacion orgánica, han adelantado notablemente desde que se adoptó un nuevo procedimiento de medida, segun una ingeniosa aplicacion de las ideas de Dalton y de Daniell. Este procedimiento, cuyo uso tanto se ha generalizado, es el sicrómetro de Augusto, por medio del cual se determina la diferencia entre el punto de rocío con la temperatura del aire ambiente, y por consiguiente la cantidad de vapor contenido en la atmósfera. La temperatura, la presion atmosférica y la direccion del viento guardan íntima relacion con la humedad, cuyo poder vivificador no depende únicamente de la cantidad absoluta del vapor disuelto en las capas aéreas, sino tambien de la frecuencia y modo de precipitacion del mismo vapor, ya humedezca el suelo bajo la forma de rocío ó de niebla, ya caiga condensado en gotas de agua y en copos de nieve. Segun Dowe (4), «la fuerza elástica de vapor de agua contenido en la atmósfera de nuestra zona templada llega al máximum con el viento Sud-Oeste y al mínimum con el Nordeste, disminuyendo al Oeste de la rosa náutica y aumentando, por el contrario, en la region oriental; y es que, con efecto, por

el lado del Oeste, una corriente de aire frio, denso y seco rechaza á la vez aire caliente, ligero y húmedo, en tanto que por la parte opuesta esta última corriente es la que repele á la primera. La corriente del Sud-Oeste no es mas que una desviacion de la corriente ecuatorial, y la corriente del Nordeste es la única corriente polar reinante.»

Si algunas regiones intertropicales donde jamás cae lluvia ni rocío y cuyo cielo permanece completamente despejado durante cinco y aun siete meses, nos ofrecen, no obstante, árboles cubiertos de fresco y gracioso verdor, débense indudablemente á que las partes apendiculares (las hojas) poseen la facultad de absorber el agua de la atmósfera por un acto particular á la vida orgánica, independientemente de la disminucion de temperatura que produce la irradiacion. Las áridas llanuras de Cumana, de Coro y de Ceara (Brasil septentrional), que no humedece jamás la lluvia, contrastan con otras comarcas intertropicales en donde llueve con abundancia. En la Habana, por ejemplo, Ramon de la Sagra ha deducido de seis años de observaciones, que caen al año, por término medio, 2,761 milímetros de agua, es decir, cuatro ó cinco veces mas que en París y Ginebra (5). En la vertiente de la cadena de los Andes, la cantidad de lluvia anual decrece como la temperatura, á medida que la altura aumenta (6). Caldas, uno de mis compañeros de viaje en la América del Sud, notó que en Santa Fé de Bogotá (2,600 metros de altura), la cantidad anual de agua no escede de 1,000 milímetros; siendo por esto allí menos abundante que en ciertos puntos de las costas occidentales de la Europa. Boussingault, ha visto muchas veces en Quito retrogradar el higrómetro de Saussure hasta 26°, para una temperatura de 12 á 13°, Gay-Lussac en su célebre ascension aerostática hizo marcar al mismo instrumento 25°, 3 en capas de aire situadas á 2,100 metros de altura. Pero la mayor sequedad que se ha observado hasta aquí

en las llanuras bajas es indudablemente la que Gustavo Rose, Ehrenberg y yo hemos tenido ocasion de medir en Asia entre las cuencas del Irtysch y del Obi en la estepa de Platowskaia. El viento de Sud-Oeste, habia soplado largo tiempo de el interior del continente, y siendo la temperatura atmosférica de 23°,7 encontramos que el punto de rocío había descendido á 4°,3 bajo el hielo, de suerte que el aire no contenia mas que $^{16}/_{100}$ de vapor acuoso (7). En estos últimos tiempos, algunos observadores han suscitado dudas acerca de la gran sequedad que las medidas higrométricas de Saussure y las mias asignan al aire en las altas regiones de los Alpes y de los Andes; pero se han limitado á comparar la atmósfera de Zurich con la de Faulhorn, cuya altura solo en Europa puede tomarse por considerable (8). Bajo los trópicos, cerca de la region en que la nieve empieza á caer, es decir, entre 3,600 y 3,900 metros de altura, las plantas alpestres de hojas de mirtos y de grandes flores, propias de los Páramos, están bañadas por una humedad casi perpétua; pero esta humedad no prueba que exista á tal elevacion una gran cantidad de vapores, sino únicamente que su precipitacion se reitera con frecuencia. Puede decirse otro tanto de las nieblas, tan comunes en la bella meseta de Bogotá. Los nublados se forman en capas y se disuelven muchas veces en el espacio de una hora: rápidos juegos atmosféricos que caracterizan, en general, las mesetas y los Páramos de la cadena de los Andes.

La *electricidad de la atmósfera* se une de mil modos á los fenómenos todos de la distribucion del calórico, á la presion, á los meteoros acuosos, y probablemente tambien al magnetismo de que parece estar dotada la corteza superficial del globo. Estas relaciones íntimas se nos revelan, ya se considere la electricidad de las bajas regiones del aire en donde su silenciosa marcha varía por periodos todavía problemáticos, bien la estudiemos en las capas elevadas, en el

seno de las nubes, donde brilla el relámpago, y nace atronador el rayo. Grande es la influencia que ejerce sobre los dos reinos animal y vegetal, no solo por los fenómenos meteorológicos que produce, tales como la precipitacion de los vapores acuosos, y la formacion de compuestos ácidos ó amoniacales, sino como agente especial que escita directamente el aparato nervioso y los movimientos circulares de los líquidos orgánicos. No es esta ocasion de renovar antiguas discusiones acerca del orígen de la electricidad que se desarrólla en la atmósfera estando el cielo sereno: ni investigaremos si es preciso atribuir aquella electricidad á la evaporacion de las aguas cenagosas cargadas de sales y de sustancias térreas (9), á la vegetacion (10), á las innumerables reacciones químicas que se verifican en el suelo, á la desigual distribucion del calor en las capas aéreas (11); ó si será necesario recurrir á la ingeniosa hipótesis porque esplica Peltier la electricidad positiva de la atmósfera, suponiendo al globo cargado constantemente de la negativa (12). Lejos de penetrar en este vasto campo de discusiones, la descripcion física del mundo debe partir de las observaciones electro-métricas, tales como las suministra, por ejemplo, el ingenioso aparato electro-magnético propuesto por Calladon, para buscar como crece la tension de la electricidad positiva con la altura del sitio y la falta de árboles de las regiones vecinas (13); qué periodos varian con el flujo y reflujo diurnos de la electricidad atmosférica (segun las investigaciones hechas en Dublin por Clarke, estos periodos no parecen ser tan simples como aquellos cuya existencia habíamos reconocido Saussure y yo); y cómo cambia la tension segun las estaciones, la distancia al Ecuador, y la proporcion local entre la superficie de las tierras y la del Océano.

Si puede decirse en tésis general que el equilibrio de las fuerzas eléctricas está sujeto á perturbaciones menos fre-

cuentes allí donde el Océano aéreo descansa sobre un fondo líquido, que en las atmósferas continentales, no por ello sorprende menos ver en el seno de los mas vastos mares pequeños grupos de islas obrar sobre el estado eléctrico de la atmósfera provocando la formacion de las tempestades. En mis largas séries de investigaciones hechas en tiempo nebuloso, ó al empezar á caer la nieve, he visto á menudo á la electricidad atmosférica, vítrea en un principio de un modo permanente, pasar de súbito á la electricidad resinosa, reproduciéndose estas alternativas en diversas ocasiones, lo mismo en las llanuras de las zonas frias, que en los páramos de las Cordilleras, entre 3,200 y 4,500 metros de altura. Y siendo el fenómeno de todo punto semejante á los que indican los electro-metros en los instantes que preceden á la tempestad (14), y durante ella. Cada vesícula de vapor está rodeada de una pequeña atmósfera eléctrica; y cuando estas vesículas se agrupan y condensan en nubes de contornos determinados, la electricidad de cada una de ellas pasa á la superficie y contribuye al aumento de la tension general en la envuelta esterior (15). Las nubes de color gris pizarra cargadas de electricidad resinosa, segun las investigaciones de Peltier hechas en París; y las blancas, rosadas ó naranjadas, poseen la electricidad vítrea. Las nubes tempestuosas pueden formarse á cualquier altura. Yo las he visto coronar las cimas mas altas de los Andes; y aun he encontrado señales de vitrificacion producidas por el rayo sobre una de las rocas en forma de torre que cubren el cráter del volcan de Toluca, á 4,600 metros de elevacion. De igual manera en las bajas llanuras de las zonas templadas, la altura de ciertas nubes tormentosas, medida en sentido vertical, escedia de 8,000 metros (16). Pero en cambio la capa de nubes que encierra el rayo puede bajarse y descender alguna vez á 150 y aun á 100 metros del suelo de las llanuras.

En el trabajo mas completo que tenemos hasta ahora acerca de una de las mas delicadas ramas de la meteorología, Arago distingue tres especies de manifestaciones luminosas *(los relámqagos)*, que son: relámpagos en zig zag, cuyos bordes están claramente terminados; los que sin formas definidas iluminan el cielo, pareciendo cuando brillan que la nube se entreabre para darlos paso, y los que asemejan globos de fuego (17). Los primeros darán apenas $^1/_{1000}$ de segundo; pero los relámpagos de forma de globo son menos rápidos y pueden durar muchos segundos. Sucede alguna vez que nubes solitarias colocadas á una gran altura sobre el horizonte, se hacen luminosas, sin que se oiga el trueno, y aun sin apariencia alguna de tempestad; singular fenómeno que dura bastante tiempo, y fue señalado la primera vez por Nicholson y Beccaria, cuyas descripciones concuerdan perfectamente con las observaciones mas recientes. Hanse visto tambien brillar con eléctrico resplandor y sin síntoma alguno de tempestad, granizos, gotas de lluvia y copos de nieve. Indicaremos, por último, como uno de los rasgos mas sorprendentes de la *distribucion geográfica de las tormentas*, el contraste singular que ofrece la costa peruana, donde nunca truena, comparada con el resto de la zona intertropical, donde en ciertas épocas del año, y casi diariamente se forman tempestades cuatro ó cinco horas despues de haber tocado el sol en su zenit. Arago ha recogido acerca de tan interesante cuestion, los testimonios de un gran número de navegantes (Scoresby, Parry, Ross, Franklin) que ponen fuera de duda la estremada rareza de las esplosiones eléctricas en las altas latitudes boreales de 70 y de 75° (18).

No terminaremos la parte meteorológica del cuadro de la naturaleza, sin insistir de nuevo sobre la íntima conexion que guardan entre sí los fenómenos atmosféricos. Ninguno de los agentes que como la luz, el calor, la elasticidad de

los vapores y la electricidad, desempeñan papel tan importante en el océano aéreo, puede dejar sentir su influencia, sin que el fenómeno producido sea inmediatamente modificado por la intervencion simultánea de todos los demás agentes. Esta complicacion de causas perturbadoras nos lleva involuntariamente á las que alteran sin cesar los movimientos de los cuerpos celestes, y especialmente los de una masa pequeña que se aproximan mucho á los centros principales de accion (cometas, satélites y estrellas errantes). Pero aquí la confusion de las apariencias llega á ser frecuentemente inestricable, y quítanos la esperanza de poder llegar alguna vez á prever, fuera de límites muy estrechos, los cambios de la atmósfera, cuyo conocimiento anticipado seria de tanto interés para el cultivo de los verjeles y de los campos, para la navegacion, el bien estar y los placeres de los hombres. Los que buscan ante todo en la meteorología esta problemática prevision de los fenómenos, se convencen de que en vano se han emprendido tantas espediciones, y recogido y examinado observaciones tantas; para ellos la meteorología no adelantó nada, y niegan su confianza á una ciencia, tan estéril á sus ojos, para concedérsela á las fases de la luna ó á ciertos dias señalados en el calendario por antiguas supersticiones.

Rara vez ocurren grandes separaciones locales en la distribucion de las temperaturas medias; ordinariamente, las anomalías se reparten uniformemente sobre grandes estensiones de terreno. La desviacion accidental llega á su maximum en un lugar determinado, y decrece en seguida de una y otra parte de este punto, dentro de ciertos límites; mas pasados estos pueden hallarse grandes desviaciones en *sentidos opuestos*, solo que se producen con mas frecuencia del Sud al Norte que del Oeste al Este. A fines del año 1820 (terminaba yo entonces un viaje por la Siberia), el maximum de frio cayó en Berlin, mientras que la América del

Norte gozaba de un calor insólito. Es una suposicion gratuita esperar un estío riguroso despues de un crudo invierno, ó un invierno benigno despues de un fresco estío.

Háse notado con razon, que las indicaciones del barómetro se refieren á todas las capas aéreas situadas sobre el lugar de la observacion (19) hasta los límites estremos de la atmósfera, al paso que las del termómetro y del sicrómetro son puramente locales y no se aplican mas que á la capa de aire próxima al suelo. Si se trata de estudiar las modificaciones termométricas ó higrométricas de las capas superiores, es necesario proceder á observaciones directas sobre las montañas ó á ascensiones aerostáticas. Si esto medios directos faltan, es preciso recurrir entonces á hipótesis que permitan emplear el barómetro como instrumento de medida para el calor y la humedad. Los fenómenos meteorológicos se inician ordinariamente por una perturbacion lejana que ocurre en las corrientes de las altas regiones; luego poco á poco el aire frio ó caliente, seco ó húmedo de algunas corrientes desequilibradas, invade la atmósfera, turba ó restablece su trasparencia, amontona las nubes, dándoles formas macizas y redondas *(cumulus)*, ó las divide y disemina en ligeros copos como la pluma blanda de las aves *(cirrus)*. Así, pues, la multiplicidad de las perturbaciones se complica tambien por la lejanía de las causas de ordinario inaccesibles.

TERCERA PARTE.

LA VIDA ORGÁNICA.

CUADRO GENERAL DE LA VIDA ORGÁNICA.

Despues de recorrido el círculo de la vida inorgánica del globo terrestre, y bosquejados á grandes rasgos la forma esterior de nuestro planeta, su calor interno, su tension electro-magnética, los efluvios luminosos de sus polos, su vulcanismo, es decir, la reaccion del interior contra la corteza sólida, y sus dos envueltas, ó sean el mar y el Océano aéreo, parece ya concluido el cuadro; y lo estaría con efecto, bajo el punto de vista de la descripcion física del mundo, tal como era concebida en otro tiempo; pero damos un objeto mas elevado á nuestros esfuerzos, y el cuadro de la Naturaleza carecería para nosotros de su mas bello atractivo, si escluyéramos de él la organizacion con las fases innumerables de su desarrollo típico. La nocion de vida tan íntimamente unida se halla en todas nuestras concepciones á las de las fuerzas incesantemente activas de la Naturaleza, ya creadoras, ya destructoras, que los mitos de los pueblos primitivos han atribuido siempre á estas fuerzas el gérmen de las plantas y de los animales, y presentado la época en que la tierra estaba inanimada y desierta, como la época del caos originario y de la lucha de los elementos. Pero en el dominio de los hechos, de la esperiencia, de la observacion, y en el estudio descriptivo del estado actual de

nuestro planeta, no tienen lugar las investigaciones de las causas primeras, ni las inabordables cuestiones de orígen.

Encadenada á la realidad por el espíritu de moderacion de la ciencia moderna, la descripcion física del mundo permanece estraña, no por timidez, sino por la naturaleza misma de su objeto y de sus límites, á los oscuros principios de la historia de la organizacion (20) (tomamos aquí la palabra *historia* en su mas usual acepcion). Una vez hechas estas reservas, la descripcion física del mundo debe mostrar que todos los materiales de que la armazon de los séres vivos está compuesta, se encuentran tambien en la corteza inorgánica de la tierra; que los vegetales y los animales se hallan sometidos á las mismas fuerzas que rigen la materia bruta, señalando en las combinaciones ó descomposiciones de esta, la accion de los mismos agentes que dan á los tejidos orgánicos sus formas y sus propiedades; solo que entonces obran dichas fuerzas bajo condiciones poco conocidas, que se designan con el vago nombre de *fenómenos vitales*, y que se han agrupado sistemáticamente segun analogías mas ó menos acertadas. Esto legitima la tendencia de nuestro espíritu á perseguir la accion de las fuerzas físicas hasta en la evolucion de las formas vegetales y en la de los organismos que llevan en sí propios el principio de sus movimientos; siendo tambien esto lo que constituye el enlace que existe entre el cuadro de la naturaleza inorgánica y el de la distribucion de los séres vivientes en la superficie del globo, es decir, *La Geografía de las plantas y de los animales*.

Sin ánimo de promover aquí nuevas discusiones sobre las diferencias que separan la vida vegetal de la vida animal, haré notar sin embargo, que si la Naturaleza hubiese dado á nuestra vista el poder del microscopio, y una perfecta trasparencia á los tejidos de las plantas, el reino vegetal estaría muy lejos de ofrecer el aspecto de inmovilidad

que es al parecer uno de sus atributos. En el interior de los vegetales, el tejido celular de los órganos vése recorrido y vivificado incesantemente por las corrientes mas diversas: tales son las de rotacion, que suben y bajan, ramificándose y cambiando continuamente de direccion, segun se observa en las plantas acuáticas (nayades, haraceas é hidrocarideas) y en las plantas terrestres fanerogamas: tal es tambien el hormigueo molecular, descubierto por el gran botánico Roberto Brown, y del cual toda materia debe presentar algunos rasgos, siempre que se la reduzca á un estado de division estrema: tal es finalmente la corriente giratoria de los glóbulos del *cambium (ciclosis)* en un sistema de vasos particulares. Indicaré ademas los hilos celulares que se articulan y se arrollan en forma de hélice en las anteridies del chara y en los órganos reproductores de las hepáticas y de las algas; filamentos singulares en que Mayen, cuya temprana muerte lamentan las ciencias, creia encontrar alguna analogía con los espermatozoarios de los animales. Añádanse á dichas corrientes y á esta agitacion molecular los fenómenos de la endosmosis, de la nutricion y crecimiento de los vegetales, así como las corrientes formadas por los gases interiores, y se tendrá una idea de las fuerzas que obran independientemente de nuestra voluntad en la vida tan apacible en apariencia de los vegetales.

Desde la época en que describí en mis *Cuadros de la Naturaleza* la universal difusion de la vida sobre la superficie del globo, y la distribucion de las formas orgánicas, ya en altura, ya en profundidad, la ciencia ha hecho admirables progresos en esta senda, que debemos á los descubrimientos magníficos de Ehrenberg «sobre la vida microscópica que reina en el Océano y en los hielos de las regiones polares;» descubrimientos fundados, no en deducciones acertadas, sino en la observacion directa y cuidadoso estudio de los hechos. Desde esta época, la esfera ó mejor

dicho, el horizonte de la vida, se ha estendido ante nosotros: «Cerca de los dos polos, donde grandes organizaciones no podrian ya subsistir, reina en cambio una vida infinitamente pequeña, casi invisible, pero incesante. Las formas microscópicas recogidas en los mares del polo austral durante el viaje del capitan Jaime Ross, ofrecen una riqueza esencialmente particular de organizaciones desconocidas hasta entonces, y por lo comun de notable elegancia. En los resíduos de la fuente de los hielos que flotan en témpanos redondos allá por los 78° 10′ de latitud, se han encontrado mas de cincuenta especies de poligástricos silíceos y de coscinodiscos, por cuyos ovarios verdes todavía, se comprende que han vivido y luchado fácilmente contra los rigores de un estremado frio. La sonda ha sacado en el golfo del Erebo, desde 403 á 526 metros de profundidad, sesenta y ocho especies de poligástricos silíceos y de *phytolitharia*, acompañados de una sola especie de *polythalamia* de concha calcárea.»

De todas las formas microscópicas, cuya existencia nos ha revelado hasta ahora la observacion en el Océano, los infusorios silíceos son los mas abundantes, aunque la análisis química no haya encontrado sílice en el agua del mar, cosa que por otra parte no debe estrañar, puesto que la sílice no podria subsistir en el agua sino en el estado de simple mezcla ó de suspension. Y no sucede esto solamente en algunos puntos aislados, el fenómeno es general, en los mares interiores ó cerca de las costas, donde el Océano se ve tambien poblado de corpúsculos dotados de vida, imperceptibles á la simple vista. Desde las investigaciones que Schayer ha hecho al volver de la tierra de Van-Diemen, en agua sacada del mar al Sud del Cabo de Buena Esperanza (á los 57° de latitud), y en medio de la zona tropical en el Océano atlántico, puede considerarse como demostrado, que el mar en su estado normal y cristalinas sus aguas, contiene

innumerables organismos microscópicos en un todo distintos de los filamentos silíceos del género *chœtoceros* que flotan en estado fragmentario, como los oscilatorios de las aguas dulces. Algunos poligástricos que se han encontrado mezclados con arena y escrementos de pájaros-niños en las islas de Cockburn, están esparcidos al parecer por toda la tierra; otras especies pertenecen á las regiones polares esclusivamente (21).

La vida animal domina, por consiguiente, en la eterna noche de las profundidades oceánicas; en tanto que la vida vegetal, estimulada por la accion periódica de los rayos solares, se estiende con mas amplitud por los Continentes. La masa de los vegetales es incomparablemente mayor que la de los animales. Los grandes cetáceos y los pesados paquidermos reunidos formarian una masa insignificante al lado de los gigantescos troncos de árboles de 3 ó 4 metros de diámetro que pueblan uno solo de los bosques de la América del Sud, como el que se estiende entre el Orinoco, el rio de las Amazonas y el rio de Madeira. Si es cierto que el verdadero carácter de cada region depende á la vez de todos los detalles esteriores; si los contornos de las montañas, la fisonomía de las plantas y de los animales, el azul del cielo, la figura de las nubes, la trasparencia de la atmósfera, concurren á producir lo que puede llamarse la impresion total, es preciso reconocer tambien que el adorno vegetal de que se cubre el suelo es la determinante principal de esta impresion. Las formas animales no son tampoco las mas aptas para producir los grandes efectos de conjunto, tanto mas, cuanto que los indivíduos mismos, en virtud de su propia movilidad, escapan frecuentemente á nuestras miradas. Por el contrario, la creacion vegetal hiere la imaginacion por la amplitud de sus formas siempre presentes, en cuya masa se revela la antigüedad ligada, por un privilegio especial, con la espresion de una fuerza sin cesar re-

novada (22). En el reino animal precisamente (esta última consideracion pertenece á los descubrimientos de Ehrenberg) son los animalillos microscópicos los que por su prodigiosa fecundidad (23) ocupan y llenan las mayores estensiones. Los mas pequeños infusorios, las monadinas, cuyo diámetro no escede de $^1/_{1500}$ de milímetro, constituyen capas vivas de muchos metros de espesor bajo el suelo de las regiones húmedas.

Cada zona posee el don de presentarnos bajo un aspecto particular la difusion de la vida por la superficie del globo; pero en ninguna parte es tan poderosa la impresion que recibimos de ello como en el Ecuador: en esa patria de las palmeras, de los bambues, de los helechos arborescentes, en donde, desde las orillas de un mar poblado de moluscos y corales, se eleva el suelo hasta la region de las nieves perpétuas. Los séres vivientes en su distribucion general no se detienen ni por la altura ni por la profundidad. Bajan al interior de la tierra, á favor de las grandes escavaciones y registros de los mineros, introduciéndose aun en aquellas cavernas naturales cerradas por todas partes, donde solo las aguas meteóricas parecen tener acceso. Habiendo reabierto por la esplosion de la pólvora una de esas cavernas, hallé las paredes cubiertas de estalactitas blancas como la nieve, sobre las cuales una *usnea* habia tejido sus delicadas redes. Algunos saltoncillos se introducen en los pozos de nieve del monte Rosa, del Grindelwald y del Aar superior; la *chionea araneoides*, descrita por Dalmau, la *discerea nivalis* microscópica (llamada en otro tiempo *protoccoccus)*, viven en las nieves polares como en las de nuestras altas montañas. El color rojo que toma la nieve antigua (24) habia ya sido notado por Aristóteles, sin duda sobre los montes de la Macedonia. En las altas cimas de los Alpes suizos, alguras raras, *lecidea, parmelia* y *umbilicaria* coloran apenas las rocas despojadas de nieve; en tanto que se ven

aun bellas fanerogamas, el *culcitium rufescens* lanoso, la *sida pichinchensis*, y la *saxifraga Boussingaulti*, florecer aisladamente sobre los Andes tropicales á 4,550 y aun á 4,680 metros sobre el nivel del mar. Las fuentes termales contienen pequeños insectos *(hidroporus thermalis)*, galionelas, occilarios y confervas; y sus aguas alimentan á las raices de las vegetales fanerogamas. Pero la vida no se desarrolla únicamente sobre la tierra, en el agua y en el aire, sino que invade hasta las partes internas mas variadas de los animales. Hay animalillos en la sangre de la rana y en la del salmon; y, segun Nordmann, los humores del ojo de los peces están frecuentemente llenos de una especie de gusanos armados de chupadores *(diplostomum)*. El mismo naturalista ha descubierto en los oidos de la breca un singular animalillo doble *(displozoon paradoxon)*, provisto de dos cabezas y de dos estremidades, de suerte que su desarrollo completo se verifica en dos direcciones cruzadas.

Aunque nadie crea ya en la existencia de los pretendidos infusorios meteóricos, no puede negarse por ello que infusorios ordinarios sean arrebatados pasivamente por los vapores ascendentes hasta las altas regiones del aire, y sostenidos algun tiempo flotantes en la atmósfera, para caer en seguida sobre el suelo como el pólen anual de los pinos (25). Esta consideracion es capital para la antigua cuestion de la *generacion espontánea* (26), y merece tomarse en cuenta, tanto mas, cuanto que puede apoyarse en un descubrimiento de Ehrenberg de que ya he hablado antes. Los navegantes encuentran con frecuencia á la altura de las islas del cabo Verde y aun á 380 millas marinas de la costa de Africa, una lluvia de polvo fino que enturbia la trasparencia del aire como podría hacerlo la mas espesa niebla; ahora bien, este polvo contiene los restos de diez y ocho especies de infusorios poligástricos de conchas silíceas.

La geografía de las plantas y de los animales puede

considerarse bajo el punto de vista de la variedad y del número relativo de las formas típicas, en cuyo caso investiga el modo de distribuirse en el espacio los géneros y las especies. Podemos estudiarla tambien respecto del número de indivíduos de que cada especie se compone en una superficie dada; y bajo este último punto de vista es esencial distinguir, tanto para las plantas como para los animales, entre la vida aislada y la vida social. Las especies á que yo he dado el nombre de *plantas sociales* (27) cubren uniformemente grandes estensiones de terreno: á ellas pertenecen un gran número de plantas marinas; las cladonias y los musgos que crecen en las estepas del Asia septentrional; los céspedes y las cacteas que se desarrollan reunidas como los tubos de un órgano; las avicenias y las manglas en las regiones tropicales, y los bosques de coníferas y abedules en el litoral del Báltico y en las llanuras de la Siberia. Este modo especial de distribucion geográfica, unido al aspecto de los vegetales, á su magnitud, á la forma de las hojas y de las flores, constituye el principal rasgo del carácter de una region cualquiera (28). La vida animal, á pesar de su variedad y su aptitud para producir en nosotros sentimientos de simpatía ó de repulsion, presenta, lo repetimos, un aspecto sobrado móvil y fugaz para influir eficazmente sobre la fisonomía de un pais, siéndole por consiguiente casi estraño. Los pueblos agrícolas aumentan artificialmente el dominio de las plantas sociales, dando así el aspecto de una naturaleza uniforme á regiones enteras de las zonas templadas y de la zona boreal; con su trabajo hacen desaparecer las plantas silvestres, pero propagan otras sin saberlo, porque hay ciertas plantas que siguen al hombre hasta en sus mas lejanas emigraciones. La zona tropical resiste con mas energía que ninguna otra á estos esfuerzos que tienden imperiosamente á modificar el órden establecido en la creacion.

La idea de una distribucion regular de las formas ve-

getales, debió naturalmente presentarse á los primeros viajeros que pudieron recorrer en poco tiempo vastas regiones y ascender á las montañas, donde los climas se encuentran superpuestos como por pisos. Tales fueron, en efecto, los primeros ensayos de una ciencia que hasta de nombre carecia. Las zonas ó regiones vegetales que el cardenal Bembo habia distinguido en su juventud en las laderas del Etna (29), nuevamente fueron encontradas por Tournefort en el monte Ararat. Mas tarde, el mismo Tournefort comparó la flora de los Alpes con la de llanuras situadas á muy diferentes latitudes, demostrando cómo se regula la distribucion de los vegetales en los llanos, segun la altura del suelo sobre el nivel del mar, ó la distancia al polo. En una flora inédita del Japon, emitió Menzel casualmente el nombre de *Geografía de las plantas*, que se encuentra tambien en los *Estudios de la naturaleza* de Bernardino de Saint-Pierre, que aunque obra de imaginacion, lo es de una imaginacion viva y brillante. Mas esto era poco; y para que la geografía de las plantas ocupara su lugar entre las ciencias, era preciso que la doctrina de la distribucion geográfica del calor estuviese fundada y pudiera compararse con la de los vegetales; tambien era necesario que una clasificacion de estos por *familias naturales* permitiese distinguir las formas que se multiplican, de las que se hacen cada vez mas raras á medida que se camina del Ecuador hácia los polos, y fijar las relaciones numéricas que cada familia presenta en cada region, con la masa entera de las fanerogamas de la misma comarca: asi es que cuento entre las circunstancias mas felices de mi vida el que mis investigaciones durante una época en que mis estudios versaban especialmente sobre botánica, hayan podido abrazar al mismo tiempo los elementos esenciales de una nueva ciencia, poderosamente favorecidas, como lo estaban, por el aspecto de una Naturaleza grandiosa en la que se en-

encontrában reunidos todos los contrastes climatológicos.

La distribucion geográfica de los animales, sobre la cual habia emitido Buffon antes que nadie consideraciones generales casi siempre exactas, ha sido estudiada de una manera mas completa en estos últimos tiempos, gracias á los recientes progresos de la geografía de las plantas. Las curvaturas de las líneas isotermas, y de las isoquimenas sobre todo, se manifiestan junto á los límites que raramente traspasan ciertas especies vegetales y ciertos animales de residencia fija, ni hácia los polos ni hácia los vértices de las montañas cubiertas de nieve. Así vemos que el danta vive en la península Escandinava bajo una latitud 10° mas boreal que la Siberia, en donde las líneas de temperatura média del invierno afectan una forma cóncava tan sorprendente. Las plantas emigran en gérmen: las semillas de una multitud de especies están provistas de órganos particulares que les permiten viajar á través de la atmósfera, y una vez que se fijan ya no dependen mas que del suelo y del aire ambiente. Los animales, por el contrario, estienden á su gusto el círculo de sus emigraciones desde el Ecuador á los polos, pero especialmente del lado en que las líneas isotermas forman arco, y en donde á inviernos crudos suceden calurosos estíos. El tigre real, por ejemplo, idéntico en un todo al de la India oriental, hace todos los veranos incursiones al norte del Asia, hasta latitudes iguales á las de Berlin y Hamburgo. Este hecho se halla indicado circunstanciadamente en otra obra escrita por M. Ehrenberg y por mí (30).

Por lo que tengo visto de la tierra en mis viajes, la asociacion de las especies vegetales que se designa ordinariamente con el nombre de *Flora*, no me parece que manifiesta el predominio de ciertas familias, de modo que permita asignar geográficamente la region de las umbeláceas, de las solidagíneas, de las labiadas ó de las escitaminadas. Mis

ideas personales en este punto difieren de las de varios amigos mios, botánicos distinguidos de Alemania. Lo que caracteriza á mi juicio las floras de la meseta de Méjico, de Nueva Granada y de Quito, las de la Rusia europea y del Asia septentrional, no es la superioridad numérica de las especies cuya reunion constituye una ó dos familias, sino las relaciones complejas que nacen de la coexistencia de un gran número de familias y de la cantidad relativa de sus especies. Indudablemente las gramíneas y las ciperáceas predominan en las praderas y en las estepas, como los árboles de raices arqueadas, las cupulíferas y las betulíneas, reinan en los bosques del Norte; mas este predominio de ciertas formas es puramente de apariencia, decepcion producida por el aspecto particular de las plantas sociales. El norte de la Europa y la zona sibérica situada al norte del Altai, no merecen con mas razon el título de regiones de las gramíneas y de las coníferas, que las inmensas llanuras situadas entre el Orinoco y la cadena de Caracas, ó que los pinares de Méjico. La asociacion de las formas vegetales, que pueden reemplazarse en parte mútuamente, su importancia numérica relativa y su modo de agruparse, es lo que hace que la naturaleza vegetal revista á nuestros ojos el carácter de variedad y riqueza, ó el de la pobreza y la uniformidad.

Despues de haber tomado por punto de partida de estas rápidas consideraciones sobre los fenómenos de la organizacion, la simple célula (31), primera manifestacion de la vida, he debido llegar á formas mas y mas elevadas en la série ascendente de los séres. «Algunas granulaciones mucilaginosas producen al yustaponerse un citoblasto de figura determinada, al que luego rodea un saco membranoso que constituye definitivamente la célula cerrada y aislada.» Este primer trabajo de la organizacion puede haber sido provocado por la produccion anterior de otra célula ya aca-

22

bada (32), ó bien la evolucion originaria de la célula se halla oculta en la oscuridad de una reaccion química análoga á la fermentacion que enjendra los filamentos bisoideos de la espuma de cerveza. Pero concretémonos á indicar ligeramente el misterio por el cual aparece la vida sobre la tierra; que la geografía de los séres orgánicos no trata sino de los gérmenes ya desarrollados, determinando la pátria que adoptan y las regiones á donde influencias esteriores les llevan; investigando sus relaciones numéricas, y limitándose, en una palabra, á trazar su distribucion general en la superficie del globo.

Quedaria incompleto el cuadro general de la Naturaleza que trato de reseñar, si no me propusiera describir igualmente en algunos rasgos característicos la *especie humana* considerada en su aspecto físico, en la distribucion geográfica de sus tipos contemporáneos, en la influencia que las fuerzas terrestres le han suministrado, y en la que á su vez ha ejercido aunque débilmente sobre ellas. Sometida nuestra especie, si bien en menor grado que las plantas y los animales, á las circunstancias del suelo y á las condiciones metereológicas de la atmósfera, escapa mas fácilmente al dominio de las potencias naturales por la actividad del espíritu, por el progreso de la inteligencia que poco á poco se eleva, así como tambien por la maravillosa flexibilidad de organizacion que se adapta á todos los climas, sin que por ello deje de participar esencialmente de la vida que anima á todo el globo. Por estas secretas relaciones, el oscuro y controvertible problema de la posibilidad de un orígen comun para las diferentes razas humanas, entra en la esfera de las ideas que abraza la descripcion física del mundo. El exámen de esta cuestion dará al objeto final de mi obra, un interés mas noble, si me es lícito decirlo así, el interés supremo que se refiere á la humanidad. El inmenso dominio de las lenguas, en cuya variada estructura se reflejan mis-

teriosamente las aptitudes de los pueblos, se aproxima en mucho al del parentesco de las razas; y lo que sea capaz de producir la menor diferencia entre ellas, lo sabemos por un gran ejemplo, que es el de la cultura intelectual tan diversa de la nacion griega. Así, pues, las cuestiones mas importantes que ofrece la historia de la civilizacion de la especie humana, se refieren á las nociones capitales del orígen de los pueblos, de la afinidad de lenguas y de la inmutabilidad de una direccion primordial, tanto del alma como del espíritu.

Mientras que solo se atendió á los estremos de las variaciones del color y la figura, dejándonos preocupar por la vivacidad de las primeras impresiones, consideráronse las razas, no como simples variedades, sino como troncos humanos originariamente distintos. La permanencia de ciertos tipos (33), á pesar de las mas contrarias influencias de las causas esteriores, sobre todo del clima, parecia venir en apoyo de este modo de ver, por muy cortos que sean los períodos de tiempo cuyo conocimiento histórico ha llegado hasta nosotros. Pero en mi opinion, razones mas poderosas militan en favor de la unidad de la especie humana, á saber: las numerosas gradaciones (34) del color de la piel y de la estructura del cráneo, que han dado á conocer en los tiempos modernos, los rápidos progresos de la ciencia geográfica; la analogía que siguen al alterarse en otras clases de animales, ya salvajes, ya domesticados; y las observaciones positivas que se han recogido acerca de los límites prescritos á la fecundidad de los mestizos (35). La mayor parte de los contrastes que tanto admiraban antiguamente, se ha desvanecido ante el profundo trabajo de Tiedemann acerca del cerebro de los negros y de los europeos, ante las investigaciones anatómicas de Vrolik y de Welber sobre la configuracion de la parte posterior de la cabeza. Si abarcamos en su generalidad las naciones africanas de color os-

curo subido, sobre las cuales ha dado tanta luz la obra capital de Prichard, y las comparamos con las tríbus del Archipiélago meridional de la India y de las islas de la Australia occidental, con los papues y los alfurues (haraforo, endamenos), claramente apercibiremos que el tinte negro de la piel, los cabellos crespos y los rasgos de la fisonomía negra, están muy lejos de hallarse siempre asociados (36). Mientras que solo estuvo abierta á los pueblos del Occidente una pequeña parte de la tierra, ideas esclusivas dominaron entre ellos; por cuya razon el ardiente calor de los trópicos y el color negro de la piel, les parecieron inseparables. «Los etiopes,» cantaba el antiguo poeta trágico Teodectes de Phaselis (37), «deben al dios del sol que se aproxima á ellos en su carrera el brillo sombrío de la materia que dá color á sus cuerpos.» Fueron necesarias las conquistas de Alejandro, que despertaron tantas ideas de geografía física, para entablar el debate relativo á esta problemática influencia de los climas sobre las razas humanas. «Las familias de los animales y de las plantas,» dice uno de los mejores anatómicos de nuestro tiempo, Juan Müller, en su fisiología del hombre, «se modifican durante su propagacion sobre la faz de la tierra, entre los límites que determinan las especies y los géneros; y se perpetúan orgánicamente como tipos de la variacion de las especies. Del concurso de diferentes causas y condiciones, tanto interiores como esteriores, que no pueden señalarse detalladamente, nacieron las razas presentes de animales, y sus mas admirables variedades se encuentran en aquellos que tienen la facultad de estension mas considerable sobre la tierra. Las razas humanas, son las formas de una especie única que se ayuntan permaneciendo fecundas, y se perpetúan por la generacion; y en manera alguna especies diversas de un mismo género, porque si lo fueran, al cruzarse se tornarian estériles. La cuestion de saber si las razas humanas

existentes descienden de uno ó de muchos hombres primitivos (38), es cosa que la esperiencia no puede darnos á conocer.»

Las investigaciones geográficas sobre el lugar primordial, ó como se dice mas comunmente, sobre la cuna de la especie humana, tienen en el terreno de los hechos un carácter puramente mítico. «No conocemos,» dice Guillermo de Humboldt, en un trabajo inédito aun sobre la diversidad de los idiomas y de los pueblos, «ni históricamente ni por ninguna tradicion verídica, momento alguno en que la especie humana no haya estado separada en grupos de pueblos. Que semejante estado de cosas haya existido desde el orígen ó se haya producido mas tarde, cuestion es que no puede decidir la historia. Leyendas aisladas, que se hallan en puntos muy diferentes del globo, sin comunicacion aparente, están en contradiccion con la primera hipótesis, y hacen descender á todo el género humano de una sola pareja: tradicion tan esparcida, que se la ha considerado algunas veces como un antiguo recuerdo de los hombres. Pero esta misma circunstancia probaria mas bien que no hay aquí trasmision alguna real de un hecho, ningun fundamento verdaderamente histórico, sino simplemente la identidad de la concepcion humana, que por todas partes ha conducido á los hombres á una esplicacion semejante de un fenómeno idéntico. Acontece tambien esto con un gran número de mitos sin enlace histórico entre sí y que igualmente deben su semejanza y orígen á la paridad de las imaginaciones ó reflexiones del espíritu humano. Lo que demuestra asimismo en la tradicion de que se trata el carácter manifiesto de la ficcion, es que por ella se pretende esplicar un fenómeno que no cae absolutamente bajo el dominio de la esperiencia, cual es el primer orígen de la especie humana, de un modo conforme á la esperiencia de nuestros dias: de la propia manera, por ejemplo, con que en una

época en que todo el género humano contaba ya miles de años de existencia puede haberse poblado una isla desierta ó un valle aislado en las montañas. En vano el pensamiento se sumerje en la meditacion de este problema del primer orígen; el hombre está tan íntimamente ligado á su especie y su tiempo, que no puede concebirse la aparicion en el mundo de un ser humano sin una familia preexistente y sin una época pasada. No siendo, pues, esta cuestion, resultado de raciocinio ni de esperiencia, ¿debemos creer que el estado primitivo, tal como nos lo describe esa pretendida tradicion, es realmente histórico, ó bien que la especie humana desde su principio cubrió la tierra en forma de tribus? Cuestion es esta que la ciencia de lenguas no puede decidir por sí misma, como tampoco debe buscar la solucion en otra parte, intentando sacar de ella alguna luz sobre los problemas que la ocupan.»

La humanidad se distribuye en simples variedades que suelen designarse con la palabra un tanto indeterminada de *razas*. Así como en el reino vegetal y en la historia natural de las aves y de los peces es mas seguro agrupar los indivíduos en un gran número de familias, que no reunirlos en un pequeño número de secciones que abracen masas considerables; así tambien en la determinacion de las razas me parece preferible establecer pequeñas familias de pueblos. Ya adoptemos la clasificacion de mi maestro Blumenbach en cinco razas (caucásica, mongólica, americana, etiópica y malaya), ó bien reconozcamos siete con Prichard (39) (iránea, turánea, americana, de los hotentotes y buschmanes, de los negros, de los papues y de los alfurues), no es menos cierto que ninguna diferencia radical y típica, ningun principio de division natural y rigoroso rige tales grupos, en los cuales no se ha hecho mas que apartar lo que al parecer constituye los estremos de la figura y del color, sin cuidarse de las familias, de pueblos

que escapan á estas grandes clases, y que han sido designados unas veces con el nombre de razas escíticas y otras con el de razas alofílicas. Ifranianos es ciertamente una denominacion mejor escogida para los pueblos de Europa que la de caucásicos, y sin embargo, es necesario confesar que los nombres geográficos aplicados á la designacion de las razas son estremadamente indeterminados, especialmente cuando nos encontramos con que el país que debe dar su nombre á tal ó cual raza, ha sido habitado en diferentes épocas como el Tuuran ó Mawerannahr (40), por ejemplo, por troncos de pueblos muy diversos de orígen indo-germánico y fisländico, aunque no mongólico.

Las lenguas, creaciones intelectuales de la humanidad, tan intimamente ligadas á los primeros desarrollos del espíritu, son de gran importancia, por el sello nacional que en sí misma llevan para ayudarnos á reconocer la semejanza ó la diferencia de las razas; importancia que deben principalmente á que la comunidad de su orígen es un hilo conductor por medio del cual penetramos en el misterioso laberinto en que la union de las disposiciones físicas del cuerpo con las facultades de la inteligencia se manifiesta bajo mil formas diferentes. Los notables progresos que ha hecho en Alemania desde menos de medio siglo á esta parte el estudio filosófico de las lenguas, facilitan las investigaciones sobre su carácter nacional (41) en aquello que parece relacionarse con el parentesco de los pueblos que las hablan. Pero como en todas las esferas de la especulacion ideal, al lado de la esperanza de un botin rico y seguro, hállase aquí el peligro de las ilusiones que son tan frecuentes en semejantes materias.

Estudios etnográficos positivos, fundados en un conocimiento profundo de la historia, nos enseñan que es necesario proceder con cierta cautela en la comparacion de los pueblos y de las lenguas que han hablado los mismos en

una época determinada. La conquista, una larga costumbre de vivir juntos, la influencia de una religion estraña y la mezcla de las razas, aun cuando hubiera tenido lugar con un corto número de inmigrantes mas fuertes y mas civilizados, han producido un fenómeno que se observa á la vez en ambos continentes, á saber: que dos familias de lenguas enteramente diferentes pueden hallarse en una sola y misma raza; y que por el contrario en pueblos de orígen muy diverso se dá con lenguas de una misma raiz. Por el poder de sus armas, por la dispersion y trastorno de las poblaciones, han contribuido los grandes conquistadores asiáticos á crear en la historia este singular fenómeno.

El lenguaje es una parte integrante de la historia natural del espíritu; y aunque este por su feliz independencia se dicte á sí mismo leyes que sigue bajo las mas diversas influencias; aunque con su libertad se esfuerce constantemente en sustraerse á estas influencias, así y todo no puede emanciparse de los lazos que le ligan á la tierra. Siempre queda algo de lo que las disposiciones naturales toman del suelo, del clima, de la serenidad de un cielo de puro azul ó del sombrío aspecto de una atmósfera cargada de vapores. Indudablemente la riqueza y la gracia en la estructura de las lenguas son obra del pensamiento, del cual nacen como de la flor mas delicada del espíritu; mas no por ello dejan de subsistir íntimamente unidas las dos esferas de la naturaleza física y de la inteligencia ó del sentimiento, razon por la cual no hemos querido privar á nuestro cuadro de la naturaleza de la luz y colorido que pudieran comunicarle estas brevísimas consideraciones sobre las relaciones de las razas y de las lenguas.

Si hemos de mantener el principio de la unidad de la especie humana, necesariamente habremos de desechar como lógica consecuencia la desoladora distincion de las razas en superiores é inferiores (42). Indudablemente hay

familias de pueblos mas susceptibles de cultura, mas civilizadas, mas ilustradas que otras: pero nunca mas nobles, porque todas han nacido igualmente para la libertad, para esa libertad, que si bien en un estado social poco adelantado no pertenece mas que al individuo, es en las naciones llamadas al goce de verdaderas instituciones políticas el derecho de toda la comunidad. «Una idea existe que se revela á través de la historia y estendiendo cada dia su saludable imperio; una idea que prueba mejor que otra cualquiera el hecho, con frecuencia discutido, pero peor comprendido aun, de la perfectibilidad general de la especie; y esa idea es la idea de la humanidad. Ella es la que tiende á destruir las barreras que prejuicios y aspiraciones interesadas en todos sentidos, han llevado á los hombres á mirar á la humanidad en su conjunto, sin distincion de religiones, de naciones, ni de valor, como una gran familia de hermanos, como un cuerpo único, que caminan á un solo y mismo objeto, al libre desenvolvimiento de las fuerzas morales. Tal es el objeto y fin supremo de la sociabilidad, y tal al mismo tiempo la direccion impuesta al hombre por su propia naturaleza para el engrandecimiento indefinido de su existencia. La tierra que su mirada abarca, y cuanto le es posible distinguir en el estrellado cielo, es para el hombre como su última propiedad, como doble campo abierto á su actividad física é intelectual. De niño aspira ya á franquear las montañas y los mares que circunscriben su estrecha habitacion; luego replegándose sobre sí mismo como la planta, suspira por su regreso. Esta doble aspiracion hácia lo que desea y hácia lo que ha perdido, viene á ser indudablemente lo mas bello y sublime que en el hombre se dá, lo que le libra del riesgo de apegarse á la muerte de una manera esclusiva. Arraigada así en las profundidades de la naturaleza humana la íntima y fraternal union de la especie, y al propio tiempo exigida por sus mas nobles instintos,

preséntasenos como una de las grandes ideas que presiden á la historia de la humanidad (43).

Permítase á un hermano terminar con estas palabras que toman su encanto de lo mas hondo de los sentimientos, la descripcion general de los fenómenos de la naturaleza en el seno del Universo. Desde las mas lejanas nebulosas, y desde las estrellas dobles que circulan por los cielos, hemos descendido hasta los cuerpos organizados mas pequeños del reino animal, asi en el mar como en la tierra; hasta los gérmenes delicados de las plantas que tapizan la desnuda roca en las vertientes de los montes coronados de nieve. Leyes conocidas parcialmente nos han servido para clasificar todos estos fenómenos; otras de naturaleza mas misteriosa ejercen su imperio en las regiones mas elevadas del mundo orgánico, en la esfera de la especie humana, con sus diversas conformaciones, con la energía creadora del espíritu de que está dotada y con las varias lenguas que son su producto. Un cuadro físico de la naturaleza se detiene en el límite en que comienza la esfera de la inteligencia, y donde penetra la mirada en un mundo diferente: marca ese límite, pero no lo salva.

NOTAS.

Hemos suprimido la cifra de las centenas en la indicacion numérica de las notas; en vez de 115, por ejemplo, hemos puesto sencillamente 15. Esta supresion no puede ocasionar confusion, toda vez que al número de llamada está unido el de la página correspondiente.

NOTAS.

(1) Pág. 5.—Frase tomada de la preciosa descripcion de un bosque que se hace en *Pablo y Virginia*, de Bernardino de Saint-Pierre.

(2) Pág. 7.—Estas comparaciones solo son aproximadas: hé aquí las medidas exactas, es decir, la altura sobre el nivel del mar.

La Schneekoppe ó Riesenkoppe, en Silesia, 1606 metros, segun Hallaschka; el Rigi, 1799, admitiendo 435 para la altura de la superficie del lago de los Cuatro Cantones. (Eschmann, *Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz*, 1840, p. 230); el monte Athos, 2065 m., segun el capitan Gauttier; el Pilato, 2300 m.; el Etna, 3314, segun el capitan Smyth (esta altura es de 3315 m. segun una medida barométrica de sir John Herschell, que este sabio tuvo á bien comunicarme por escrito en 1825; y de 3322 m., segun los ángulos de altura medidos por Cacciatore en Palermo, y calculados admitiendo 0,076 como valor de la refraccion terrestre); el Schreckhorn, 0479 m.; el Jungfrau, 4181, segun Tralles; el Mont-Blanc, 4808 m., segun diversas medidas discutidas por Roger (*Bibl. universal*, mayo 1828, p. 24-53), 4795 m., segun las medidas tomadas desde el monte Colombier, en 1821, por Carlini, y 4800 m., segun los ingenieros austriacos que le midieron desde Trélod y el ventisquero de Ambin. (La altura efectiva de las montañas de la Suiza varía próximamente 7 m., segun Eschmann, á causa del espesor variable de las capas de nieve que cubren sus cimas). El Chimborazo, 6529 m., segun mis medidas trigonométricas (Humboldt, *Recueil d'Observ. astron.*, t. I, p. LXXIII); el Dhawalagiri, 8556 m. Existiendo una diferencia de 136 m. entre las determinaciones de Blake y las de Webb, debemos observar que no es posible conceder la misma exactitud á la medida del Dhawalagiri (montaña blanca segun el sanscrito; *dhawala*, blanco, y *giri*, montaña), que á la del Jawahir, 7848 m., pues esta última se ha deducido de una operacion trigonométrica completa. (V. Hebert y Hogdson en los *Asiat. Researches*, t. XIV, p. 189, y *Suppl. to Encycl. Brit.*, t. IV, p. 643). En otro lugar (*Ann.*

des Sciences natur., marzo 1825), he hecho ver que la altura del Dhawalahiri (8558 m.) depende á la vez de varios elementos algo inciertos, azimuths y latitudes astronómicas: (Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 282). Se ha creido, pero infundadamente, que existia en la cordillera Tartárica (al Norte del Thibet) y frente á la cordillera de Kouen-lun, varios picos nevados de 30000 pies ingleses de elevacion (9144 m., casi doble de la altura del Mont-Blanc), ó por lo menos de 29000 pies ingleses=8839 m. (*Cap. Alexander Gerard's and John Gerard's Journey to Boorendo Pass*, 1840, t. I, p. 143 y 311). El Chimborazo está indicado en el testo solamente como «uno de los picos mas elevados de la cadena de los Andes,» porque en 1827, el distinguido y hábil viajero M. Pentland, midió en su memorable espedicion al Alto-Perú (Bolivia), dos montañas situadas al Este del lago de Titicaca, el Sorata (7696 m.), y el Illimani (7315 m.) que esceden en mucho la altura del Chimborazo (6530 m.), y que casi alcanzan la del Jawahir, que es la mayor montaña medida hasta ahora en el Himalaya. Asi, el Mont-Blanc (4808 m.) es 1721 m. mas bajo que el Chimborazo; éste cuenta 1165 menos que el Sorata; el Sorata, 154 m. menos que el Jawahir, y probablemente 863 m. menos que el Dhawalagiri. Las alturas de las montañas están insertas en esta nota con exactitud minuciosa, porque falsas reducciones han introducido en gran número de mapas y láminas modernas, resultados completamente erróneos. Segun la nueva medida del Illimani por Pentland, en 1838, la altura de esta montaña es de 7275 m.; y su diferencia con la medida de 1827 es apenas de 41 m.

(3) Pág. 8.—La falta de palmeras y helechos arborescentes en las vertientes templadas del Himalaya, está demostrada en la *Flora Nepalensis* de Don (1825), así como en las notables láminas litografiadas de la *Flora Indica* de Wallich, catálogo que contiene la enorme cantidad de 7683 especies de plantas del Himalaya, casi todas fanerogamas, pero cuyo estudio y clasificacion han quedado incompletos. En el Nepaul (lat. 26° $^1/_2$ —27° $^1/_4$), no conocemos aun mas que una sola especie de palmera, el *Chamærops Martiana Wall.* (*Plantæ Asiat.*, t. III, p. 5), la cual crece á una altura de 1600 m. sobre el nivel del mar, en el humbrio valle de Bunipa. El magnífico helecho arborescente *Alsophila Brunoniana Wall.*, del cual el Museo británico posee desde 1831 un tronco de 15 m. de longitud, no crece en el Nepaul, sino en las montañas de Silhet, al N. O. de Calcuta, por los 24° 50′ de latitud. El helecho del Nepaul, *Paranema cyathoides Don.*, otras veces *Sphæropteris barbata Wall.* (*Pl. Asiat.*, t. I, p. 42), se aproxima en verdad á la *Cyathea*, de la cual he visto en las misiones de Caripe de la América del Sur, una especie de 10 m. de altura; pero no es un árbol propiamente dicho.

(4) Pág. 8 —*Ribes nubicola*. *R. glacialis*, *R. grossularia*. Las especies

que caracterizan la vegetacion del Himalaya son cuatro pinos, á pesar de la asercion de los antiguos «sobre el Asia oriental.» (Strabon, lib. XL, página 510 Cas.), veinticinco robles, cuatro abedules, dos *Æsculus* (un gran mono blanco de cara negra vive encima del castaño salvaje de 30 metros de altura que crece en el reino de Kachemira, hasta los 33° de latitud. Carl von Hügel, *Kaschmir*, 1840, 2.ª parte, p. 249, siete arces, doce sauces, catorce rosales, tres fresales, siete especies de rosas de los Alpes (*Rhododendra*), una de las cuales tiene 6 m. de altura, y muchas otras especies septentrionales. Entre las coníferas, se encuentra el *Pinus Deodwara* ó *Deodara* (en sanscrito *dewa-daru*, madera de construccion de los dioses), que se aproxima mucho al *Pinus cedrus*. Cerca de las nieves perpetuas brillan las grandes flores de la *Gentiana venusta*, *G. Moorcroftiana*, *Swertia purpurascens*, *S. speciosa*, *Parnasia armata*, *P. nubicola*, *Pæonia Emodi*, *Tulipa stellata*; y aun al lado de estas variedades de los géneros de Europa, peculiares de las montañas de la India, encontramos verdaderas especies europeas, tales como el *Leontodon taraxacum*, la *Prunella vulgaris*, el *Galium aparine*, el *Thlaspi arvense*. El brezo, mencionado ya por Saunders en el Viaje de Turner, y que entonces se habia confundido con el *Calluna vulgaris*, es una Andrómeda, dato de la mayor importancia para la geografía de las plantas asiáticas. Si he hecho uso en esta nota de espresiones poco filosóficas, tales como *géneros europeos*, *especies europeas*, *se encuentran en Asia en estado silvestre*, es una consecuencia del lenguaje empleado por la antigua botánica, que á la idea de una vasta diseminacion, ó mas bien, de la coexistencia de las producciones orgánicas, ha sustituido muy dogmáticamente la hipótesis fabulosa de una inmigracion, que ella misma supone, en su predileccion por la Europa, haber procedido del Occidente hácia el Oriente.

(5) Pág. 9.—En la vertiente meridional del Himalaya, el límite de las nieves perpétuas se encuentra á 3947 m. sobre el nivel del mar; y en la vertiente septentrional, ó mas bien, en los picos que se elevan sobre la meseta tibetana (tartárica), este límite asciende á 5067 m., desde los 30° 1/2 hasta los 32 de latitud; mientras que en el Ecuador, en la cordillera de los Andes de Quito, no pasa de una altura de 4813 m. Tal es el resultado que he deducido de la combinacion de un gran número de datos de Webb, de Gerard, de Herbert y de Moorcroft. (Véanse mis dos Memorias sobre las montañas de la India de 1816 y 1820, en los *Annales de Chimie et de Physique*, t. III, p. 303; t. XIV, p. 6, 22, 50). Esta mayor altura, á que se ve relegado en la vertiente tibetana el límite de las nieves perpétuas, es consecuencia de la irradiacion de las altas llanuras vecinas, de la pureza del cielo y de la rara formacion de la nieve en una atmósfera muy fria y seca á la vez. (Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 281-326). Mi opinion acerca de la diferencia de altura de la

nieve en los dos lados del Himalaya, tenia en su apoyo la reconocida autoridad de Colebrooke. «Segun los documentos que poseo, me escribia en junio de 1824, encuentro tambien 13000 pies ingleses (3962 m.) para altura de las nieves perpétuas en la vertiente meridional y á los 31° de latitud. Las medidas de Webb me dan 13500 pies ingleses (4114 m.), por consiguiente, 500 pies (152 m.) mas que las observaciones del capitan Hogdson. Las medidas de Gerard confirman en un todo vuestra opinion, y prueban que la línea de las nieves es mas elevada al Norte que al Sur.» Hasta este año (1840), no se ha impreso el diario completo de los hermanos Gerard, bajo los auspicios de M. Lloyd (*Narrative of a Journey from Caunpoor to the Boorendo pass in the Himalaya by cap. Alexander Gerard and John Gerard, edited by George Lloyd*, t. I, p. 291, 311, 320, 327 y 341). Se encuentran muchos detalles sobre algunas localidades, en la *Visit to the Shatool, for the purpose of determining the line of perpetual snow on the southern face of the Himalaya, in Aug.* 1822; desgraciadamente estos viajeros confunden sin cesar la altura en que cae la nieve esporádica con el máximun de la que alcanza la línea de las nieves en la meseta tibetana. El capitan Gerard distingue los picos que se elevan en el centro de la meseta, y en los que coloca el límite de las nieves perpétuas entre 18000 y 19000 pies ingleses (de 5486 á 5791 m.), de las vertientes septentrionales de la cordillera del Himalaya que rodean el desfiladero atravesado por el Sutledge, y cuyos flancos, profundamente surcados, no pueden irradiar mucho calor. La altura de la villa de Tangno es solo de 9300 pies ingleses (2835 m.), mientras que la de la meseta que rodea el mar sagrado de Manasa, debe ser de 17000 pies ingleses ó 5181 m. Tambien, hácia este punto en que se interrumpe la cordillera, el capitan Gerard encontró la nieve á 500 pies ingleses (152 m.) mas baja en la vertiente septentrional que en la meridional, frente al Indostan; y valúa en 15000 pies ingleses (4572 m.) la altura de las nieves perpétuas. La vegetacion de la meseta tibetana ofrece notables diferencias comparada con la de los terrenos meridionales que dependen de la cordillera del Himalaya. En estos últimos, las mieses cesan á los 3040 m.; á veces hasta hay que segarlas cuando los tallos están verdes; el límite superior de los bosques en que crecen aun grandes robles y pinos Dêvadâru, se halla situado á 3645 m.; el de los abedules enanos á 3957 m. En los llanos elevados, vió el capitan Gerard pastos hasta una altura de 5184 m.; los cereales dan resultados á 4300 m. y aun á 5650; los abedules de troncos altos á 4300 m., y se encuentran pequeños tallares que sirven de combustible hasta á 2500 m., esto es, 390 m. sobre el límite inferior de las nieves perpetuas, bajo el Ecuador, en Quito. Por otra parte, es de desear que la altura media de la meseta tibetana fijada por mí en 2500 m., solo entre el Himalaya y el Kouenlun, asi como la diferencia de altura de las nieves en las vertientes del Sur y del Norte, sean determinadas nuevamente por viajeros

acostumbrados á juzgar por la configuracion general del terreno. Con demasiada frecuencia se han confundido hasta ahora las simples evaluaciones con medidas efectivas, y la altura de los picos aislados con la de las mesetas que los rodean. (Consúltense las ingeniosas observaciones sobre la hipsometría, de Carl Zimmermann, en su *geographische Analyse der Karte von Inner-Asien*, 1841, p. 98). Lord hace notar la diferencia que presentan las dos vertientes del Himalaya y las de la cordillera alpina del Hindoukouch, con respecto á los límites de las nieves perpétuas. «En esta última cadena, dice, la meseta está situada al Sur, y por consiguiente la altura de las nieves es mayor en la vertiente meridional; lo contrario tiene lugar en el Himalaya, que está limitado al Sur por terrenos cálidos, como el Hindoukouch lo está al Norte.» Los datos hipsométricos de que tratamos aquí, necesitan ciertamente una revision crítica respecto á los detalles; bastan sin embargo, para establecer el hecho capital de que la admirable configuracion del terreno del Asia central ofrece á la especie humana todo lo que es necesario para su desarrollo: habitacion, alimento y combustible, y esto á una altura sobre el nivel del mar tal, que á la misma en cualquier otro paraje no encontramos mas que nieves perpétuas. Esceptuemos sin embargo la árida Bolivia en que tan raras son las nieves: Pentland, en 1838, fijó su límite á una altura media de 4775 m. entre los 16 y 17° 3/4 de latitud austral. Las medidas barométricas de Victor Jacquemont, víctima prematura de un ardor noble é infatigable, han confirmado de la manera mas completa la opinion que yo habia emitido sobre la diferencia de las dos vertientes del Himalaya, en lo relativo á la altura de las nieves. (Véase su correspondencia durante su viaje á la India, 1828-1832, libro XXIII, p. 290, 296, 299). «Las nieves perpétuas, dice Jacquemont, descienden mas en la pendiente meridional que en las pendientes septentrionales, y su límite se eleva constantemente á medida que nos alejamos hácia el Norte, de la cordillera que rodea la India. En la garganta de Kioubrong, á 5581 m. de altura, segun el capitan Gerard, me hallaba todavía muy por debajo del límite de las nieves perpétuas, que creo será en esta parte del Himalaya de 6000 m.» (Valuacion muy exagerada). «Cualquiera que sea la altura á que se ascienda en la pendiente meridional del Himalaya, añade este viajero, siempre conserva el clima el mismo carácter, iguales estaciones que en las llanuras de la India; el solsticio de verano produce lluvias no interrumpidas hasta el equinoccio de otoño. Pero desde Cachemira, cuya altura calculo ser de 5350 pies ingleses (1630 m., casi la altura de las ciudades de Méjico y de Popayan), comienza un nuevo clima en un todo diferente.» (*Correspond. de Jacquemont*, t. II, p. 58 y 74). El aire caliente y húmedo del mar, llevado por los monzones á través de las llanuras de la India, llega y se detiene en las pendientes avanzadas del Himalaya, segun la ingeniosa observacion de Leopoldo de Buch, y no se esparce por las regiones ti-

betanas de Ladak y de Lassa. Carl de Hügel aprecia la altura del valle de Cachemira sobre el nivel del mar en 5818 pies ingleses, ó bien 1775 m., segun el grado de ebullicion del agua (2.ª parte, p. 155, y *Journal of Geogr ph., Society*, t. VI, p. 215). A los 34° 7′ de latitud, se encuentran muchos pies de nieve, desde diciembre hasta marzo, en este valle donde los vientos casi nunca agitan la atmósfera.

(6) Pág. 9.—Véase en general mi *Essai sur la Géographie des plantes*, y el *Tableau physique des régions équinoxiales*, 1807, p. 80-88; sobre las variaciones de temperatura del dia y de la noche, véanse la lámina 9 de mi *Atlas géogr. et phys. du Nouveau Continent*, y los cuadros de mi obra *de Distributione geographica Plantarum secundum cœli temperiem et Altitudinem montium*, 1817, p. 90-116; la parte metereológica de mi *Asie centrale*, t. III, p. 212-224, y por último, la esposicion mas nueva y mas exacta de las variaciones que esperimenta la temperatura á medida que se asciende en la cordillera de los Andes, en la Memoria de Boussingault *Sur la profondeur à laquelle on trouve, sous les tropiques, la couche de température invariable (Annales de Chimie et de Physique*, 1833, t. LIII, p. 225-247). Esta memoria contiene las alturas de ciento ventiocho puntos comprendidos entre el nivel del mar y la vertiente de Antisana (5457 m.), así como la determinacion de su temperatura media atmosférica, la cual varía segun la altura, de 27°, 5 á 1°, 7.

(7) Pág. 12.—Véase sobre el Madhjadêça, propiamente dicho, la escelente obra de Lasse, *indische Alterthumskunde*, t. I, p. 92. Los Chinos llaman *Mo-kie-thi* al Bahar meridional situado al Sur del Ganges; véase *Foe-Koue-Ki*, por Chy-Fa-Hian, 1836, p. 256. Djambu-dwipa es la India entera; pero esta palabra significa tambien algunas veces uno de los cuatro continentes búdicos.

(8) Pág. 12.—*Ueber die Kawi-Sprache auf der Insel Java*, *nebst einer Einleitung ueber die Verschiedenheit der menschlichen Sprachbaues des Menschengeschlechts*, por Guillermo de Humboldt, 1836, t. I, p. 5-310.

(9) Pág. 13.—Este verso está tomado de una elegía de Schiller que vió la luz por primera vez en las *Horen* de 1795.

(10) Pág. 16.—El micrómetro ocular de Arago, feliz perfeccionamiento del micrómetro prismático ó de doble refraccion de Rochon. Véase la nota de M. Mathieu, en la *Histoire de l'Astronomie au dix-huitième siècle*, por Delambre, 1827, p. 651.

(11) Pág. 19.—Carus, *Von den Ur-Theilen des Knochenund Schalen-Gerüstes*, 1828, § 6.

(12) Pág. 20.—Plutarco, *in vita Alex. Magni*, c. 7.

(13) Pág. 24.—Las determinaciones aceptadas generalmente para el punto de fusion de las sustancias refractarias son exageradas. Segun las investigaciones siempre exactas de Mitscherlich, el punto de fusion del granito no escede nunca de 1300° centígrados.

(14) Pág. 25.—Véase la obra clásica de Luis Agassiz sobre los peces del mundo antidiluviano: *Recherches sur les poissons fossiles*, 1834, t. I, p. 38; t. II, p. 3, 28, 34. Apend., p. 6. La especie entera de los *Amblypterus Ag.*, que se asemeja á la de los *Palæoniscus* (llamados tambien *Palæothrissum*), desapareció bajo las formaciones jurásicas en el antíguo terreno hullero. Las escamas de los peces de la familia de los Lepidoides (órden de los Ganoides), forman como una especie de dientes en ciertos sitios y están cubiertas de esmalte, perteneciendo á las especies mas antíguas de peces fósiles despues de los Placoides; encuéntranse aun representantes vivos de estas especies en dos; el *Bichir* del Nilo y del Senegal y el *Lepidosteus* del Ohio.

(15) Pág. 27.—Gœthe, *Aphoristiches ueber die Natur* (edicion de las Obras Completas, 1833, t. L, p. 155).

(16) Pág. 34.—Descubrimientos de Arago en 1811 (Delambre, *Hist. de l'Astron.*, pasaje ya citado, p. 652).

(17) Pág. 34.—Gœthe, *Aphoristiches ueber die Natur*. (Obras, t. L. p. 4).

(18) Pág. 36.—Pseudo-Platon, *Alcib.*, II, p. 148, ed. Steph.; Plutarco, *Instituta laconica*, p. 253, ed. Hutten.

(19) Pág. 41.—La *Margarita philosophica* del prior de la Cartuja de Friburgo, Gregorio Reisch, apareció primeramente bajo el siguiente título: *Æpitome omnis philosophiæ*, *alias Margarita philosophica*, *tractans de omni gennere scibili*. La edicion de Heidelberg (1486) y la de Strasburgo (1504) llevan tambien este título; pero su primera parte fué suprimida en la edicion de Friburgo del mismo año y en las doce ediciones posteriores que se sucedieron en cortos intervalos hasta 1535. Esta obra ejerció gran influencia en la difusion de los conocimientos matemáticos y físicos á principios del siglo XVI y Chasles, el distinguido autor del *Aperçu historique des méthodes en géométrie* (1837), hizo ver cuán importante es la enciclopedia de Reisch para la historia de las matemáticas en la edad media. He sacado partido de un pasaje de la *Margarita philosophica* que se encuentra solo en la edicion de 1513, para esclarecer la importante cuestion de las relaciones del geógrafo de Saint-Dié, Hylacomilo (Martin

Waldseemüller, el primero que dió al Nuevo Continente el nombre de América), con Amerigo Vespucio, con el rey René de Jerusalem, duque de Lorena y las célebres ediciones de Ptolomeo de 1513 y 1522. Véase mi *Examen critique de la géographie du Nouveau Continent et des progrès de l'astronomie nautique aux* XV^e *et* XVI^e *siècles*, t. IV, p. 99-125.

(20) Pág. 41.—Ampère, *Essai sur la Philos. des Sciences*, 1834, p. 25; Whewel, *Induct. philos.*, t. II, p. 277; Parck, *Pantology*, p. 87.

(21) Pág. 42.—Todos los cambios en el mundo físico pueden referirse al movimiento. Véase Aristóteles, *Phys. ausc.*, l. III, c. 1 y 4, p. 200 y 201 (l. VIII, c. 1, 8 y 9, p. 250, 262 y 265, ed. Bekker). *De Generat. et corrupt.*, l. II, c. 10, p. 336; Pseudo-Aristóteles, *de Mundo*, c. 6, p. 398.

(22) Pág. 47.—Sobre la diferencia que existe entre la atraccion de la, masas y la atraccion molecular, cuestion ya suscitada por Newton. véanse Laplace, *Exposition du Système du Monde*, p. 384, y el *Supplément au livre X de la Mécanique céleste*, p. 3 y 4. Véanse tambien Kant, *Metaphys. Anfangsgründe der Naturwissenschaft* (Obras completas, 1839, t. V, p. 309); Péclet, *Physique*, 1838, t. I, p. 59-63.

(23) Pág. 49.—Poisson, *Connaissances des temps pour l'année* 1836, p. 64-66; Bessel, en los *Annalen der Phys. de Poggendorff*, t. XXV, p. 417; Encke, en las *Mémoires de l'Académie de Berlin*, 1826, p. 257; Mitscherlich, *Lehrbuch der Chemie*, 1837, t. I, p. 352.

(24) Pág. 50.—Cf. Otfried Müller, *Dorier*, t. I, p. 365.

(25) Pág. 51.—*Geographia generalis in qua affectiones generales telluris explicantur*. La edicion mas antigua dada en Amsterdam por los Elzevir es del año 1650; la segunda (1672) y la tercera (1681), fueron publicadas en Cambridge por Newton. Esta obra capital de Varenio es, en el verdadero sentido de la palabra, una descripcion física de la tierra. Desde la descripcion del Nuevo Continente, discretamente bosquejada por el jesuita José de Acosta (*Historia natural de las Indias*, 1590), no habian sido consideradas de una manera tan general las cuestiones que se relacionan con la física del globo. Acosta es mas rico en observaciones, pero Varenio abraza un círculo de ideas mas estenso, porque su permanencia en Holanda, centro de las mas vastas relaciones comerciales de la época, le habia puesto en contacto con gran número de viajeros instruidos. «Generalis sive universalis geographia dicitur, quæ tellurem in genere considerat atque affectiones explicat, non habita particularium regionum ratione.» La descripcion general de la tierra por Varenio (*Pars absoluta*, capítulo I-XXII) es, en su conjunto, un tratado de geografía comparada. sirviéndome del término empleado por el autor mismo (*Geographia com-*

parativa, c. XXXIII-XL), pero en una acepcion mucho mas restringida. Se pueden citar entre los pasajes mas notables de este libro los siguientes: la enumeracion de los sistemas de montañas y el exámen de las relaciones que existen entre sus direcciones y la forma general de los continentes (p. 66-76, ed Cantabr. 1681); una lista de los volcanes apagados y de los volcanes en actividad; la discusion de los hechos relativos al reparto general de las islas y de los archipiélagos (p. 220), á la profundidad del Oceano con ralacion á la altura de las costas próximas (p. 103), á la igualdad de nivel en todos los mares abiertos (p. 97), y á la dependencia que tienen entre sí las corrientes y los vientos reinantes; la desigual salumbre de los mares; la configuracion de las costas (p. 139); la direccion de los vientos como consecuencia de las diferencias de temperatura, etc... Citaremos aun como muy notables las consideraciones de Varenio sobre la corriente equinoccial de Oriente á Occidente, á la cual atribuye el orígen del Gulf-Stream que principia en el Cabo de San Agustin y desaparece entre Cuba y la Florida (p. 140). Nada mas exacto que su descripcion de la corriente que baña la costa occidental de Africa, entre el Cabo Verde y la isla de Fernando Pó en el golfo de Guinea. Varenio esplica por el «levantamiento del fondo del mar» la formacion de las islas esporádicas: «magna spirituum inclusorum vi, sicut aliquando montes e terra protusos esse quidam scribunt (p. 225).» La edicion publicada por Newton en 1681 (*auctior et emendatior*) no contiene desgraciadamente ninguna adicion de tan notable genio, ni siquiera se menciona el achatamiento del globo terrestre, no obstante las esperiencias de Richer sobre el péndulo, de nueve años de anterioridad á la edicion de Cambridge. Por lo demás, los *Principia mathematica philosophiæ naturalis* de Newton, no fueron comunicados en manuscrito á la *Royal Society* de Londres hasta abril de 1686. No se sabe á punto fijo dónde nació Varenio: segun Jœcher, en Inglaterra; la *Biographie universelle* (t. XLVII, p 495) le supone nacido en Amsterdam; pero de la dedicatoria de su *Géographie générale* al burgomaestre de esta ciudad, se deduce que las dos suposiciones son falsas. Varenio dice claramente que se refugió en Amsterdam «porque su pais natal habia sido quemado y completamente destruido durante una larga guerra;» estas palabras parecen aplicarse al Norte de Alemania y á los estragos de la guerra de los Treinta años. En la dedicatoria de otra obra, *Descriptio regni Japoniæ* (Amst. 1649), al senado de Hamburgo, dice Varenio que hizo sus primeros estudios matemáticos en el Gimnasio de esta ciudad. Es, pues, de creer, que tan ingenioso geógrafo naciera en Alemania, y probablemente en Luneburgo. (Witten, *Mem. Theol.*, 1685, p. 2142; Zedler, *Universal Lexikon*, t. XLVI, 1745, p. 187).

(26) Pág. 51.—*La Science géographique générale comparée ou Etude de la terre, dans ses rapports avec la nature et avec l'histoire de l'homme*, por Carl

Ritter (traducido del aleman al francés por E. Buret y E. Desor).

(27) Pág. 53.—Κοσμος en su acepcion mas antigua y en el sentido propio de la palabra, significa adorno (ornato del hombre, de la mujer ó del caballo); tomada en sentido figurado por εὐταξία significa órden y ornamento del discurso. Por confesion de todos los antiguos, Pitágoras fue el primero que empleó esta voz para designar el órden en el universo y aun el universo mismo. Pitágoras nunca escribió, pero se encuentran pruebas muy antiguas de este aserto en muchos pasajes de los fragmentos de Philolao (véase Stobée *Eglogæ*, p. 360 y 460, ed. Heeren, y Bœckh, *Philolaus*, p. 62 y 90). Siguiendo el ejemplo de Næke, no citamos á Timeo de Locres por ser dudosa su autenticidad. Plutarco (*de Placitis philosophorum*, l. II, c. 1) dice del modo mas claro que Pitágoras dió el nombre de Cosmos al universo, á causa del órden que en él reina. (Véase tambien Galien, *de Historia philosoph.*, p. 429). De las escuelas filosóficas, esta palabra con su nueva significacion pasó al dominio de los poetas y de los prosistas. Platon designa los cuerpos celestes con el nombre de *Uranos;* pero el órden de los cielos es tambien para él el *Cosmos;* y en su *Timeo* (página 30, b), dice que *el mundo es un animal dotado de un alma* (κόσμον ζῶον ἔμψυχον). Sobre el espíritu separado de la materia, ordenador del mundo, véase Anaxágoras de Clazomène, ed. Schaubach, p. 111, y Plutarco, *de Placitis philosoph.*, l. II, c. 3). En Aristóteles (*de Cœlo*, l. I, c. 9) el *Cosmos* es «el universo y el órden del universo;» pero tambien le considera como dividiéndose en dos partes en el espacio: el mundo sublunar y el mundo situado sobre la luna (*Meteorol.*, l. I, c. 2 y 3, p. 339 a, y 340 b, ed. Bekker). La definicion del *Cosmos* que he citado anteriormente en el testo, está tomada del Pseudo-Aristóteles, *de Mundo*, c. II, p. 391, y concebida en estos términos: Κοσμος ἐστὶ συστήμα ἐξ ουρανοῦ καὶ γῆς καί τῶν ἐν τούτιος περιεχομενων φύσεων. Λέγεται δὲ καὶ ετερως κόσμος ἡ τῶν ὅλων τάξις τε καὶ διακόσμησις, ὑπὸ θεῶν τε καὶ διὰ θεῶν φυλαττομένη. La mayor parte de los pasajes de los autores griegos sobre el *Cosmos*, se encuentran reunidos, primeramente en la controversia de Richard Bentley contra Charles Boyle, sobre la existencia histórica de Zaleuco, legislador de Locres (*Opuscula philologices*, 1781, p. 347, 445; *Dissertation upon the Epistles of Phalaris*, 1817, p. 254); despues, en la escelente obra de Nœke, *Sched. crit.*, 1812, p. 9-15; y por último, en Teófilo Schmidt, *ad Cleom. cycl. theor. met.*, l. I, c. 1, p. IX, 1 y 99. Tomada en acepcion mas restringida, la palabra *Cosmos* se ha empleado tambien en plural (Plut. *ibid.*, l. I, c. 5) para designar las estrellas (Stobée, l. I, p. 514: Plut., l. II, c. 13), ó los innumerables sistemas diseminados como otras tantas islas en la inmensidad de los cielos, y formados cada uno de un sol y una luna (Anaxag. Claz., *Fragm.*, p. 89, 93, 120: Brandis, *Geschichte der Griechisch-Römischen Philosophie*, t. I, p. 252). Cada uno de estos grupos, formando asi un *Cosmos*,

el universo, τὸπᾶν, debe tener una significacion mas ámplia (Plut., l. II, capítulo 1). Hasta mucho tiempo despues del siglo de los Tolomeos, no se aplicó esta palabra á la tierra. Bœckh ha dado á conocer inscripciones en elogio de Trajano y Adriano (*Corpus Inscr. Græc.*, t. I, núms. 334 y 1306), en las que κοσμος está escrito por οἰκουμένη, asi como por *mundo* se espresa á veces la tierra sola. Ya hemos indicado esta singular division de los espacios celestes en tres partes, el *Olimpo*, el *Cosmos* y el *Uranos* (Stobée, l. I, p. 488; Philolao, p. 94-102); la cual se aplica á las diversas regiones que rodean este foco misterioso del universo, este Εστία τοῦ παντό; de los Pitagóricos. En el fragmento que nos ha conservado esta division, el nombre de *Uranos* designa la region mas interior situada entre la luna y la tierra; este es el dominio de las cosas variables. La region media, en la que los planetas circulan con órden inmutable y armonioso, se llama esclusivamente *Cosmos*, segun concepciones muy particulares sobre el universo. En cuanto al *Olimpo*, es la region esterior, la region ígnea. Un profundo investigador de las afinidades de los idiomas, Bopp, hace observar que «se puede deducir, como lo hizo Pott (*Etymologische Forschungen*, primera parte, p. 39 y 252), la palabra κόσμος de la raiz sanscrita *'sud'*, *purificari*, apoyándose en dos consideraciones: en primer lugar, la κ griega en κόσμος viene de la *s* que Bopp representa por 's y Pott por ç; asimismo δεκα, *decem*, en lengua gótica *taihum*, viene de la palabra india *da'san*; en segundo lugar, la *d'* india corresponde, por regla general á la θ griega, (*Vergleichende Gramm.*, § 22), lo que acaba de poner en evidencia la relacion de κόσμος (por κοθμοσ) con la raiz sanscrita 'sud', de donde viene tambien καθαρος. Otra espresion india para designar el mundo, es *'gagat* (pronúnciese *dschagat*); es propiamente el participio presente del verbo *gagâmi*, *voy*, cuya raiz es *gâ*. «Permaneciendo en el círculo de las etimologías de la lengua griega, se ve (*Etymolog. Magnum*, p. 532, 12) que κόσμος se enlaza inmediatamente con καζο ó mas bien con καίνυμαί (de donde χεκασμε νός, ó κεκαδμενος). Welker (*eine Kretische Colonie in Theben*, p. 23) une además el nombre de Καδμός, asi como en Hesychio καδμος, significa un levantamiento de armas en los Cretenses. Cuando el idioma científico de los griegos se introdujo entre los romanos, la palabra *mundus*, que tiene en su orígen la significacion primera de la palabra κόσμος (adorno de mujer), sirvió para designar el mundo y el universo. Ennio parece haber sido el primero que introdujo esa novedad. En uno de los fragmentos de este poeta, conservados por Macrobio, en la querella que hace á Virgilio sobre sus ficciones, se encuentra empleada esta palabra en su nueva acepcion: «*Mundus cœli vastus constitit silentio.*» (*Satur.*, l. VI, c. 2). Ciceron dice tambien en su traduccion de Timeo, c. 10: *quem nos lucentem mundum vocamus*. Por lo demás, la raiz sanscrita *mand*, de la cual Pott hace derivar la palabra latina *mundus* (*Etymolog. Forschungen*, primera parte, p. 240), reune el doble significado

de brillar y adornar. *Lôka* designa en sanscrito el mundo y los hombres, como la palabra francesa *monde*, y se deriva, segun Bopp, de *lôk* (ver y brillar): lo mismo sucede con la raiz eslava *swjet*, que quiere decir á la vez *luz* y *mundo* (Grimm *deutsche Gramm.*, t. III, p. 394). En cuanto á la palabra de que se sirven hoy los alemanes (*welt*, en antiguo aleman *wëralt*, en antiguo sajon *worold* y *wëruld* en anglo-sajon), su significacion originaria fué, segun Jacobo Grimm, la de un intervalo de tiempo, una edad de hombre (*sæculum*), y no la del *mundus* en el espacio. Los *Etruscos* se imaginaban el mundo como una bóveda invertida y simétricamente opuesta á la bóveda celeste (Otfried Müller, *Etrusker*, segunda parte, p. 96, 98 y 143). Tomado en una acepcion mas limitada aun, el mundo parece haber sido para los godos, la superficie terrestre rodeada por una cintura de mares (*marei*, *meri*): lo llamaban *merigard*, literalmente *jardin de los mares*.

(28) Pág. 53.—Véanse, sobre Ennio, las ingeniosas investigaciones de Leopoldo Krahner, en la disertacion titulada: *Grundlinien zur Geschichte des Verfalls der römischen Stdats-Religion*, 1837, p. 41-45. Segun toda probabilidad, Ennio no ha tomado nada de los fragmentos de Epicarmo, aunque sí de los poemas compuestos bajo el nombre de este filósofo, y concebidos en el sentido de su sistema.

(29) Pág. 55.—Aulu Gelle, *Noctes Atticæ*, l. V, c. 18.

(30) Pág. 61.—*Bruno, ou Du principe divin et naturel des choses*, por J. de Schelling, traducido del aleman al francés por Husson, 1845, p. 204.

(31) Pág. 71.—Las consideraciones relativas á la diferencia que existe bajo el concepto de la claridad, entre un punto luminoso y un disco de diámetro angular apreciable, han sido desarrolladas por Arago en el *Analyse des travaux de sir William Herschell*. (*Annuaire du Bureau des longitudes*, 1842, p. 410-412 y 441.)

(32) Pág. 72.—«Las dos nubes Magallánicas, *Nubecula major et minor*, son objetos muy notables. La mayor se compone de conjuntos estelares irregulares, conjuntos esféricos y estrellas nebulosas mas ó menos grandes, mezcladas con nebulosidades irreductibles. Segun lo mas verosímil, estas últimas no son sino un polvo estelar (star-dust); pero aun el telescopio de 20 piés es impotente para resolverlas en estrellas. Producen una claridad general cuyo campo de vision está iluminado y los otros objetos se encuentran diseminados sobre este fondo brillante. Ninguna otra region del cielo encierra tantas nebulosas y conjuntos de estrellas en el mismo espacio. La *Nubecula minor* es mucho menos bella; presenta mas nebulosidades irreductibles, y los conjuntos estelares son á la vez menos

numerosos y menos brillantes.» (Estracto de una carta de sir Jhon Herschell, fechada en Feldhuysen, Cabo de Buena Esperanza, 13 de junio de 1886).

(33) Pág. 73.—Esta bella espresion χὸρτος οὐρανοῦ tomada por Hesychius de un poeta desconocido, hubiera podido ser citada ya al tratar de los Campos celestes (Himmels-Garten, literalmente: jardines del cielo), si la palabra χόρτος no hubiera sido empleada comunmente para designar de una manera general el espacio comprendido en un recinto. Por lo demás, no puede desconocerse la afinidad de esta palabra con el *Garten* de los alemanes (en lengua gótica *gards*, la cual se deriva , segun Jacobo Grimm, de *gairdan*, cingere), ó con el *grad*, *gorod* de los Eslavos, con el *khart* de los Osetas, y segun Pott, (*Etymolog. Vorschungen*, primera parte, p. 144) con el *chors* de los Latinos (de donde *corte*, corte ó corral). Citemos tambien el *gard*, *gârd* de las lengas del Norte (un cerramiento, y por consiguiente un cercado, una residencia), y las palabras persas *gerd*, *gird*, recinto, círculo, despues residencia régia, castillo ó ciudad, como se ve en los antiguos nombres de lugares que se encuentran en el Schahnameh de Firdusi: *Siyawakchgird*, *Darabgird*, etc.

(34) Pág. 76.—El error probable de la paralaje de 22 del Centauro, determinada por Maclear, es de 0»,064. (*Résultats de* 1839 *et de* 1840). Véanse las *Transact. of the Astron. Soc.*, t. XII, p. 370. Para la paralaje de la 61ª del Cisne, véase Bessel, en el *Annuaire* de Schumacher, 1839, p. 47-49: error medio 0», 014. Respecto á la idea que debemos formarnos de la figura real de la via láctea, encuentro en Keplero este notable trozo (*Epitome Astronomiæ Copernicanæ*, 1618, t. I, l. I, p. 34-39): «Sol hic noster nil aliud est quam una ex fixis, nobis major et clarior visa, quia propior quam fixa. Pone Terram stare ad latus, uno semidiametro viæ lactæ, tunc hæc via lactea apparebit circulus parvus, vel ellipsis parva, tota declinans ad latus alterum; eritque simul uno intituitu conspicuą, quæ nunc non potest nisi dimidia conspici quovis mómento. Itaque fixarum sphæra non tantum orbe stellarum, sed etiam circulo lactis versus non deorsum est terminata.»

(35) Pág. 79. «Si en las zonas abandonadas por la atmósfera del sol, se han encontrado moléculas demasiado volátiles para unirse entre sí ó á los planetas, deben, continuando su circulacion alrededor de este astro, ofrecer todas las apariencias de la luz zodiacal, sin oponer resistencia sensible á los diversos cuerpos del sistema planetario, bien por causa de su estremada rareza, bien porque su movimiento es casi el mismo que el de los planetas que encuentran.» Laplace, *Exposition du Systéme du Monde*, (quinta edicion), p. 415.

(36) Pág. 79.—Laplace, obra citada, p. 396 y 414.

(37) Pág. 79.—Littrow, *Astronomie*, 1825, t. II, p. 107; Mædler, *Astron.*, 1841, p. 212; Laplace, obra citada, p. 210.

(38) Pág. 81.—Véase Keplero, sobre la densidad decreciente y el volúmen creciente de los planetas á medida que aumenta su distancia al Sol; considera el astro central (el sol) como el mas denso de todos. Véase su *Epitome Astron. Copern. in VII libros digesta*, 1618-1622, p. 420. Del mismo modo que Keplero y Otto de Guericke, pensaba Leibnitz que los volúmenes de los planetas crecen en razon de su distancia al Sol. Puede leerse su carta al burgomaestre de Magdeburgo (Maguncia, 1571), en la coleccion de Escritos alemanes de Leibnitz, editada por Guhrauer, primera parte, p. 264.

(39) Pág. 81.—Para la comparacion de las masas, véase Encke, en las *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, 1843, n.º 488, p. 114.

(40) Pág. 84.—Admitiendo con Burckhardt, 0.2725 para diámetro de la Luna y $^1/_{49,09}$ para su volúmen, se encuentra 0, 5596, ó proximamente $^5/_9$ para su densidad. Véase tambien G. Beer y H. Mædler, *der Mond*, p. 2 y 10; y la *Astronomie* de Mædler, p. 157. Segun Hansen, el volúmen de nuestro satélite es proximamente $^1/_{54}$, ($^1/_{49,6}$ segun Mædler), y su masa $^1/_{87,75}$, tomados el volúmen y la masa de la Tierra respectivamente por unidad. Para el tercer satélite de Júpiter, el mayor de todos, las relaciones con el planeta central son: $^1/_{15370}$ el volúmen, y $^1/_{11300}$ la masa. Respecto al achatamiento de Urano, véanse las *Astron. Nachrichten* de Schumacher, 1844, n.º 493.

(41) Pág. 87.—Véanse Beer y Mædler, obra citada, § 185, p. 208, y § 347, p. 332, y de los mismos autores la *Physische Kenntniss der himmlischen Körper*, p. 4 y 69, tabla I.

(42) Pág. 89.—Los cuatro cometas mas antiguos, cuyas órbitas se han podido calcular, fueron observados por los chinos, y son: el 1.º el del año 240 (en tiempo de Gordiano III); el 2.º el de 539 (en tiempo de Justiniano); el 3.º el de 565, y el 4.º el de 837. Segun Duséjour, este último permaneció durante 24 horas, á menos de 400,000 miriámetros de la Tierra. Su aparicion aterró de tal modo á Luis el Piadoso, que este príncipe creyó deber fundar muchos conventos á fin de conjurar el peligro. Durante este tiempo, los astrónomos chinos observaban de una manera verdaderamente científica, la trayectoria aparente del nuevo astro, midieron su cola, cuya longitud era de 60°, y describieron sus variaciones; pues era unas veces sencilla y otras múltiple. El primer cometa cuya órbita ha sido calculada por solo las observaciones europeas, fue el de 1456, una de las apariciones del cometa de Halley; durante mucho tiempo se creyó equi-

vocadamente que esta era la primera aparicion bien cierta de este famoso cometa. Véase Arago, en el *Annuaire* de 1836, p. 204 y ademas la nota (56) de las aquí coleccionadas.

(43) Pág. 90.—Arago, en el *Annuaire* de 1832, p. 209-211. El cometa de 1402 fue visible en pleno sol, como el de 1843. Este último fue observado en los Estados-Unidos el 28 de febrero, entre una y tres de la tarde, por J. G. Clarke (en Portland, Estado del Maine). Se pudo medir con gran precision la distancia del núcleo al borde del Sol. Este núcleo debia ser muy denso; el cometa tenia la apariencia de una nube blanca de contornos muy destacados: únicamente presentaba un espacio oscuro entre el núclo y la cola. (*Amer. Journ. of Science.* t. XLV, n.° 1, p. 229; *Astron. Nachrichten* de Schumacher 1843, n.° 491, p. 175).

(44) Pág. 90.—*Philos. Transact. for* 1808, 2.ª parte, p. 155; *for* 1812, 1.ª parte, p. 118. Los diámetros de los núcleos, medidos por Herschell, fueron de 538 y de 428 millas inglesas. Para las dimensiones de los cometas de 1798 y 1805, véase Arago en el *Annuaire* de 1832, p. 203.

(45) Pág. 92.—Arago, *des Changements physiques de la comète de Halley, du* 15 *au* 23 *octobre* 1835, en el *Annuaire* de 1836, p. 218-221. La direccion que afectan ordinariamente las colas de los cometas era ya conocida en tiempo de Neron, *Comæ radios solis effugiunt*, dice Séneca, *Nat. Quæst*, libro VII, c. 20.

(46) Pág. 92.—Véase Bessel, en las *Astron. Nachrichten* de Schumacher, 1836, núm. 300-302, p. 188, 192, 197, 200, 202 y 230, y en el *Jahrbuch* del mismo, 1837, p. 149-168. W. Herschell creyó encontrar en el magnífico cometa de 1811, indicios de un movimiento de rotacion en el núcleo y la cola. (*Phil. Transact. for* 1812, 1.ª parte, p. 140); la misma observacion hizo Dunlop en Paramatta, con respecto al tercer cometa de 1825.

(47) Pág. 93.—Bessel, en las *Astron. Nachrichten* de Schumacher, 1836, número 303, p. 231; *Schum. Jahrbuch*, 1837, p. 175. Véase tambien Lehmann, sobre las colas de los cometas, en Bode's *Astron. Jahrb. für.* 1826, p. 168.

(48) Pág. 93.—Aristóteles, *Meteor.* l. I, c. 8, 11-15 y 19-21 (ed. Ideler, t. I, p. 32-34), Biese, *Philos. des Aristóteles*, t. II, p. 86, Cuando se reflexiona en la influencia que ejerció Aristóteles durante toda la edad media, no puede menos de deplorarse la hostilidad de este grande hombre contra las brillantes ideas de los antiguos pitagóricos sobre la estructura del Universo. En el mismo libro en que recuerda Aristóteles que la escuela de Pitágoras consideraba á los cometas como otros tantos planetas de

largo periodo, declara él que los cometas son simples meteoros pasajeros, que nacen y se disipan en nuestra atmósfera. De la escuela de Pitágoras, estas ideas, cuyo orígen se remonta á los Caldeos segun Apolonio de Mynda, llegaron á los Romanos que se limitaron á reproducirlas, como hacian con todo. Apolonio, al describir las órbitas de los cometas dice, que penetran profundamente en las regiones superiores del cielo; sobre esto, Séneca se espresa como sigue (*Natur. Quœst.*, l. VII, c. 17); «Cometes non est species falsa, sed proprium sidus, sicut Solis et Lunæ: altiora mundi secat et tunc demum apparet quum in imum cursum sui venit.» Añade (l. VII, c. 27): «Cometas æternos esse et sortis ejusdem cujus cœtera (sidera), etiamsi faciem illis non habent similem. Plinio (II, 25) hace igualmente alusion á las ideas de Apolonio de Mynda cuando dice: «Sunt qui et hæc sidera perpetua esse credant suoque ambitu ire, sed non nisi relicta á Sole cerni.»

(49) Pág. 93.—Olbers, en las *Astron. Nachrichten.* 1828, p. 157 y 184. Arago, *de la Constitution physique des Comètes*, *Annuaire* de 1832, p. 203-208. Ya los antiguos habian notado que penetra nuestra vista al través de los cometas lo mismo que al través de una llama. La observacion mas antigua de estrellas que han permanecido visibles, á pesar de la interposicion de un cometa, se remonta á Demócrito (Aristóteles, *Meteor.*, l. I, c. 6). Este hecho ha dado ocasion á Aristóteles para referir que él mismo habia observado la ocultacion de una estrella de Geminis, á causa de la interposicion de Júpiter. Séneca ha dicho: «Se ven las estrellas al través de un cometa lo mismo que al través de una nube.» (*Nat. Quœst.* l. VII, c. 18); en realidad, estas palabras no deben referirse al cuerpo del cometa, sino solamente á su cola, pues el mismo Séneca añade (l. VII, c. 26): «Non in eaparte qua sidus ipsum est spissi et solidi ignis, sed qua rarus splendor occurrit et in crines dispergitur. Per intervalla ignium non per ipsos vides.» Esta última restricion es supérflua; toda vez que puede verse á través de una llama cuyo espesor no sea muy considerable. Galileo no lo ignoraba y acerca de este particular hizo investigaciones las cuales cita en el *Saggiatore* (*Lettera à Monsignor Cesarini*, 1619.)

(50) Pág. 93.—Bessel, en las *Astron. Nachrichten*, 1836, n.° 301, p. 204-206. Struve, en el *Recueil des Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 1836, p. 140-143, y en las *Astron. Nachrichten*, 1836, n.° 303, p. 238. «En Dorpat, la estrella que se hallaba en conjuncion con el cometa, distaba solo 2'', 2 del punto mas brillante del núcleo. La estrella no dejó de ser visible; su luz no pareció debilitarse siquiera, en tanto que el núcleo del cometa fué como eclipsado por el brillo mas intenso de la estrella que sin embargo no era mas que de 9.ª ó 10.ª magnitud.»

(51) Pág. 94.—Las primeras investigaciones en que Arago hizo uso

de los fenómenos de la polarizacion para analizar la luz de los cometas, llevan la fecha del 3 de julio de 1819, la noche misma que aparecia de repente el gran cometa. Yo estaba entonces en el Observatorio, y pude convencerme, como Mathieu y como el difunto Bouvard, de que las dos imágenes luminosas obtenidas por medio del anteojo prismático, tenian un brillo desigual, cuando el instrumento recibia la luz del cometa, al paso que cuando mirábamos á la Cabra, cerca de la cual se encontraba el cometa aquella noche, las dos imágenes brillaban con la misma intensidad. En la época del retorno del cometa de Halley, en 1835, el aparato modificado indicaba la presencia de la luz polarizada, por el contraste de dos imágenes de colores complementarios (rojo y verde, por ejemplo): nueva aplicacion de la *polarizacion cromática*, cuyo descubrimiento es debido á Arago. Véanse, *Annales de Chimie*, t. XIII, p. 108, y el *Annuaire* de 1832, p. 216. «Del conjunto de estas observaciones, dice Arago, debe deducirse que la luz del cometa no estaba compuesta en su totalidad de rayos dotados de las propiedades de la luz directa, propia ó asimilada; en él se encontraba luz reflejada especialmente y prolongada, esto es, luz proveniente del sol. De este método no puede asentarse de una manera absoluta que los cometas no tengan luz propia. En efecto, hechos luminosos por sí propios, los cuerpos no pierden por esto, la facultad de reflejar luces estrañas á ellos.»

(52) Pág. 95.—Arago, en el *Annuaire* de 1832, p. 217-220; Sir John Herschell, *Astronomie*, § 488.

(53) Pág. 96.—Encke, en las *Astron. Nachrichten*, 1843, n.° 489, p. 130-132.

(54) Pág. 97.—Laplace, *Expos. du Systéme du Monde*, p. 216 y 237.

(55) Pág. 97.—Littrow, *Beschreibende Astronomie*, 1835, p. 274. Acerca del cometa de corto período descubierto recientemente por Faye en el Observatorio de París, cuya escentricidad es 0,551, su distancia perihelia 1,690 y la afelia 5,832, véanse las *Astron. Nachrichten* de Schumacher 1844, n.° 495. (Acerca de la identidad presunta del cometa de 1766 con el tercer cometa de 1818, véase la obra citada, 1833, n.° 239; y sobre la identidad del cometa de 1743 con el cuarto cometa de 1819, el n.° 237).

(56) Pág. 99.—Laugier, en los *Comptes rendus des Séances de l'Academie*, 1843, t. XVI, p. 1006.

(57) Pág. 101.—Fries, *Vorlesungen ueber die Sternkunde*, 1833, p. 262-267. Se encuentra en Seneca (*Nat. Quæst*, l. VII, c. 17 y 21) una prueba

bastante mal elegida de la innocuidad de los cometas; habla el filósofo del cometa «quem nos Neronis principatu lœtissimo vidimus et qui cometis detraxit infamiam.»

(58) Pág. 103.—En Popayan (latitud boreal 2°26', altura sobre el nivel del mar, 1793 m.) En 1788, uno de mis amigos, persona muy instruida, vió en pleno dia un bólide tan brillante, que iluminó por completo toda su habitacion, á pesar de la luz solar cuyo resplandor no estaba debilitado por nube alguna. En el instante de su aparicion, el observador se hallaba de espaldas á la ventana; y cuando se volvió, una gran parte de la trayectoria recorrida por el bólide, brillaba aun con mucha intensidad. En lugar de la repugnante espresion de *Sternschnuppe* (literalmente *pavesas de estrellas)* preferiria otras espresiones de aleman no menos castizo como *Sternschuss* ó *Sternfall* (en sueco *Stjernfall; Star-shoot* en inglés y *Stella Candente* en italiano), si no me lo hubiera impedido la obligacion que me he impuesto de evitar escrupulosamente en mis escritos, las palabras inusitadas, cuando se trata de cosas conocidas generalmente y bien determinadas en el lenguaje ordinario. El vulgo en su física grosera cree que las luces celestes necesitan ser despabiladas como si fueran candiles. Sin embargo, he oido otros nombres menos agradables aun en los bosques próximos al Orinoco y en las solitarias orillas del Casiquiare; los indígenas de la mision de Vasiva *(Relat, hist. du Voyage aux régions équinoxiales*, t. II, p. 513), llaman á las estrellas errantes, *orina de las estrellas,* y al rocío que se deposita en perlas sobre las preciosas hojas de la heliconia, *saliva de estrellas.* El popular mito de los lituanos acerca del orígen y significacion de las estrellas errantes, indica mas elegancia y nobleza en esa facultad de la imaginacion que dá á todo una forma simbólica: «Cuando nace una criatura, Werpeja tuerce para él el hilo de su destino; cada uno de estos hilos se termina en una estrella. En el instante de la muerte, el hilo se rompe y la estrella cae, palidece y se apaga.» Estas palabras están estractadas del libro de Jacobo Grimm, *Deutsche Mithologie*, 1843, p. 685.

(59) Pág. 103.—Segun la relacion de Denison Olmsted, profesor del colegio de Yale en New-Havre (Connecticut). Véanse los *Annalen der Physik* de Poggendorff, t. XXX, p. 194. «Keplero, dicen, ha desterrado de la astronomía los bólides y las estrellas errantes. Segun él, estos meteoros son engendrados por las exhalaciones terrestres y van en seguida á perderse en las altas regiones etéreas.» Sin embargo, acerca de esto se ha esplicado con suma reserva. «Stellæ candentes, dice, sunt materia viscida inflammata. Earum aliquæ inter cadendum absumuntur, aliquæ vere in terram cadunt, pondere suo tractæ. Nec est dissimile vero quasdam conglobatas esse ex materia fœculenta, in ipsam auram ætheream

immixta: exque ætheris regione, tractu rectilineo, per aerem trajicere, ceu minutos cometas, occulta causa motus utrorumque.» Keplero, *Epit. Astron. Copernicanæ*, t. I, p. 80.

(60) Pág. 103.—*Relation historique*, t. I, p. 80, 213 y 527. Si se distingue en las estrellas errantes como en los cometas la cabeza ó el núcleo y la cola, se puede juzgar por la longitud y el brillo de la cola, ó del rastro luminoso, del grado de transparencia de la atmósfera, y dar cuenta de la superioridad de las regiones tropicales á este respecto. En ellas la impresion producida por el espectáculo de las estrellas errantes es mas viva, sin que por esto el fenómeno necesite ser mas frecuente; allí se ve mejor y dura mas tiempo. Por lo demás, la influencia de la atmósfera sobre la visibilidad de estas apariciones, se hace sentir, aun en las zonas templadas, por las grandes diferencias que se observan en apostaderos poco distantes. Así Wartmann dice que el número de los meteoros que han podido contarse durante una aparicion de noviembre, en dos lugares próximos, en Ginebra y en Planchettes, estaban en la relacion de 1 á 17 (Wartmann, *Mem. sur les étoiles filantes*, p. 17). Brandes ha hecho una serie de numerosas observaciones muy exactas acerca de las colas de las estrellas errantes. Este fenómeno no podria esplicarse por la persistencia de la impresion producida en la retina, visto que continúa á veces hasta un minuto despues que el núcleo de la estrella ha desaparecido. Generalmente el rastro luminoso aparece inmóvil (Gilbert's, *Annalen*, t. XIV, p. 251). Estos hechos establecen una gran analogía entre las estrellas errantes y los bólides. El almirante de Krusenstern, en su viaje alrededor del mundo, vió á un bólide dejar tras sí un rastro luminoso que brilló durante una hora, sin cambio sensible de lugar. (*Voyage*, primera parte, p. 58). Sir Alexander Burnes describe en brillantes términos la transparencia atmosférica de Bokhara (latitud 39°43′; altura sobre el nivel del mar, 390 m.: «There is also a constant serenity in its atmosphere, and an admirable clearness in the sky. At night, the stars have uncommon lustre, and the milky way shinhes gloriously in the firmament. There is also a neverceasing display of the most brilliant meteors, which dart like rockets in the sky: ten or twelve of them are sometimes seen in an hour, assuming every colour: fiery, red, blue, pale and faint. It is a noble country for astronomical science, and great must have been the avantage enjoyed by the famed observatory of Samarkand.» Burnes, *Travels into Bokhara*, t. II, 1834, p. 138. Si Burnes cree que las estrellas errantes son numerosas cuando pueden contarse 10 ó 12 por hora, no seria justo hacer de ello un motivo de censura para un viajero aislado: ha sido necesario recurrir en Europa á un sistema de observacion es regularmente continuado, antes de poder asegurar con Quetelet (*Corresp. mathém. et phys.*, nov. 1837, p. 447), que aparecen, por

término medio, ocho estrellas errantes por hora en el círculo que abraza una sola persona; y aun otro escelente observador, Olbers, reduce este número á cinco ó seis. (*Annuaire* de Schumacher, 1836, p. 325).

(61) Pág. 105.—Sobre el polvo *meteórico*, véase Arago, en el *Annuaire* de 1832, p. 254. Hace muy poco he tratado en otra obra (*Asie centrale*, t. I, p. 408) de demostrar, cómo el mitoescítico del *oro sagrado*, que cayó del cielo en plena incandescencia, y fue luego una propiedad de la *Horda dorada* de los Paralatas (Herod., l. IV c. 5-7), pudo tomar nacimiento en el confuso recuerdo de la caida de un aereolito. Los antiguos han hablado tambien de masas argentíferas lanzadas del cielo en tiempos del emperador Severo, y con las cuales se intentó platear algunas medallas de bronce (Dio Casio, l. LXXV, p. 1259); sin embargo, el hierro metálico habia sido ya reconocido como uno de los elementos de las piedras meteóricas (Plinio, l. II, c. 56). Respecto á la espresion tan repetida *lapidibus pluit*, sábese ya que no siempre se refiere á la caida de aereolitos. Así, en el libro XXV, c. 7, estas palabras designan *rapillis*, esto es, fragmentos de piedra pomez arrojados por un volcan no completamente estinguido, el Monte Albano, hoy Monte-Cavo; véase Heyne, *Opuscula, acad.*, t. III, p. 261, y mi *Relat. histor.*, t. I, p. 394. El combate sostenido por Hércules contra los Ligios cuando se dirigia desde el Cáucaso al jardin de las Hespérides, se refiere á otro órden de ideas. Este mito tenia por objeto asignar un origen á los trozos de cuarzo que se encuentran en abundancia en los *Campos Ligios*, cerca de la embocadura del Ródano. Aristóteles creia que los arrojaba una hendidura eruptiva durante un temblor de tierra; y Posidonio los atribuye á la accion de las olas de un antiguo mar interior. En un fragmento del *Prometeo libertado*, de Esquilo, se halla una descripcion, cuyos detalles todos pudieran aplicarse perfectamente á una lluvia de aereolitos. Júpiter *forma una nube* y hace caer «una lluvia de piedras redondeadas que tapizan el suelo de aquel pais.» Ya Posidonio se permitia ridiculizar el mito geognóstico de los *tejos* y de los *pedruscos*. Por lo demás, la descripcion que han dejado los antiguos de las piedras de los *Campos Ligios* (hoy este pais se llama *La Crau*), está conforme en un todo con la realidad. Véase Guerin, *Mesures barométriques dans les Alpes, et Météorologie d'Avignon*, 1829, cap. XII, p. 115.

(62) Pág. 105.—El peso específico de los aerolitos varía desde 1, 9 (Alesia) á 4, 3 (Tabor); su densidad es generalmente tres veces mayor que la del agua. En cuanto á los diámetros *reales* que he asignado á les bólides, he recurrido á las medidas mas dignas de confianza; desgraciadamente el número de estas medidas es muy limitado. Hé aquí algunas: el bólide de Weston (Connecticut, 14 diciembre 1807), 162 m.; el observado

por Le Roi (10 julio 1771), 325 m. próximamente; el del 18 de enero de 1783, le estimó sir Carlos Blagden en 845 m. Brandes (*Unter-haltungen*, t. I, p. 42) asigna un diámetro de 25 á 40 m. á las estrellas errantes; aprecia la longitud de sus colas ó de sus rastros luminosos en dos ó tres miriámetros. Pero es de creer que los diámetros *aparentes* de los bólides y de las estrellas errantes han sido exagerados, bajo la influencia de ciertas causas de naturaleza óptica. Su volúmen no puede bajo ningun concepto compararse con el de Ceres, aun admitiendo «70 millas inglesas» como diámetro de este pequeño planeta. Véase la escelente obra: *On the Connexion of the Physical Sciences*, 1835, p. 411. Como documento justificativo en apoyo de un aserto de la página 106, sobre el gran aerolito caido en el lecho del rio de Narni, y que hasta ahora no ha sido encontrado, voy á trasladar aquí el pasaje que Pertz copió del *Chronicon Benedicti monachi Sancti Andreæ, in Monte Soracte* (Biblioteca Chigi en Roma); este documento se remonta al décimo siglo y en él se refleja el estilo bárbaro de aquella época: «Anno 921, temporibus domini Johannis decimi papæ, in anno pontificatus illius 7, visa sunt signa. Nam juxta urbem Romam lapides plurimi de cœlo cadere visi sunt. In civitate quæ vocatur Narnia, tam diri ac tetri, ut nihil aliud credatur, quam de infernalibus locis deducti essent. Nam ita ex illis lapidibus unus omnium maximus est, ut decidens in flumen Narnus, ad mensuram unius cubiti super aquas fluminis usque hodie videretur. Nam et ignitæ faculæ de cœlo plurimæ omnibus in hac civitate Romani populi visæ sunt, ita ut pene terra contingeret. Aliæ cadentes, etc.» (Pertz, *Monum. Germ. hist. scriptores*, t. III, p. 715.) Sobre el aerolito de AEgos-Potamos, cuya caida dice la crónica de Paros haber tenido lugar en el año primero de la 78ª olimpiada (Bœckh, *Corp. Inscr. græc.*, t. II, p. 302, 320 y 340), cf. Aristóteles, *Meteor.*, l. I, c. 7 (Ideler, *Comm.*, t. I. p. 404-407); Stobee, *Ecl. phys.* l. I, c. 25, p. 508, ed. Heeren; Plutarco, *Lysandre*, c. 12; Diógenes Laert., l. II, c. 10. (Véanse tambien mas adelante las notas 69, 87, 88 y 89). Segun una tradicion mogólica, una roca negra de 13 metros de altura, hubo de caer del cielo á una llanura próxima á las fuentes del Rio Amarillo en la China Occidental. (Abel Remusat, en el *Journal de Physique de Lametherie*, 1819, mayo, p. 264).

(63) Pág. 107.—Biot, *Traité d' Astronomie physique*, (3.ª edic.) 1841, t. I, p. 149, 177, 238 y 312. Mi amigo el inmortal Poisson esplicó de una manera completamente nueva la ignicion espontánea de las piedras meteóricas á una altura en que la densidad de la atmósfera es casi nula. «A una distancia de la tierra tal, que la densidad de la atmósfera sea totalmente insensible, parece difícil atribuir, como ya se ha hecho, la incandescencia de los aerolitos á un rozamiento contra las moléculas del aire. ¿No pudiera suponerse que el fluido eléctrico, en estado neutro, formase

una especie de atmósfera que estendiéndose mas allá de la masa de aire estuviera sometida á la atraccion de la tierra aunque físicamente imponderable, y que siguiera por tanto á nuestro globo en sus movimientos? En semejante hipótesis, al penetrar en esta atmósfera imponderable, los cuerpos de que tratamos descompondrian el fluido neutro por su desigual accion sobre las dos electricidades, y al electrizarse aumentaria su temperatura concluyendo por ponerse en estado incandescente.» (Poisson. *Rech. sur la Probabilité des jugements*, 1837. p. VI).

(64) Pág. 107.—*Philos. Transact.*, t. XXIX, p. 161-163.

(65) Pág. 107.—La primera edicion de la importante obra de Chladni. *Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderen Eisenmassen*, apareció dos meses antes de la lluvia de piedras de Siena, y dos años antes que Lichtemberg escribiera en una coleccion de Gœtinga «que piedras provenientes de los espacios celestes penetraron en nuestra atmósfera.» Véase tambien le carta de Olbers á Benzenberg, fecha 18 noviembre 1837, en la obra de este último sobre las estrellas errantes, p. 186.

(66) Pág. 108.—Encke, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXXIII (1834). p. 213. Arago, en el *Annuaire* para 1836, p. 291. Dos cartas mias á Benzenberg, del 19 mayo y del 22 octubre 1837, sobre la precesion presumible de los nodos de la órbita recorrida por el flujo periódico de las estrellas errantes (Benzenberg, *Sternschnuppen*, p. 207 et 209). El mismo Olbers adoptó mas tarde esta idea de un retardo progresivo en la aparicion de noviembre (*Astron. Nachrichten*, 1838, nº 372, p. 180). Voy á esponer á continuacion los elementos que me parecen deber servir para fijar el movimiento de los nodos y añadiré dos observaciones árabes á la época descubierta por Boguslawski para el siglo XIV:

En el mes de octubre de 902, y en la noche en que murió el califa Ibraim-ben-Ahmed, aparecieron gran número de estrellas errantes; aparicion que «se asemejaba á una lluvia de fuego.» Por esta razon dióse á este año el nombre de *año de las estrellas*. (Conde, *Hist. de la dom. de los Arabes*, p. 346).

El 19 de octubre de 1202 «estuvieron en movimiento las estrellas durante toda la noche. Caian como langostas.» (*Comptes rendus*, 1837, t. I, p. 294, y Fræhn, en el *Bull. de l' Acad. de Saint-Petersbourg*, t. III. p. 308).

El 21 de octubre, est. ant. de 1366; *die sequente* post festum XI millia Virginum, ab hora matutina usque ad horam primam, visæ sunt quasi stellæ de cœlo cadere continuo, et in *tanta multitudine* quod nemo narrare *sufficit*. Esta curiosa noticia de la que vuelvo á ocuparme mas adelante en el testo fue descubierta por M. de Boguslawski hijo, en la *Chronicon Ecclesiæ Pragensis*, p. 389. Esta crónica se encuentra tambien en la segunda

parte de los *Scriptores rerum Bohemicarum*, de Pelzel y Dobrowsky, 1784. (*Astron. Nachrichten* de Schumacher, diciembre 1839).

Del 9 al 10 de noviembre de 1787, observó Hemmer numerosas estrellas errantes en el mediodia de Alemania, y particularmente eu Manheim. (Kæmtz, *Meteorologie*, parte III, p. 237).

El 12 de noviembre de 1799, despues de la media noche, tuvo lugar la gran lluvia de estrellas errantes que hemos descrito Bonpland y yo, y que fue observada en gran porcion de la tierra (*Relat. hist.*, t. I, p. 519-527).

Del 12 al 13 de noviembre de 1822, Klœden vió en Postdam un gran número de estrellas errantes entremezcladas con bólides (Gilbert's *Annalen*, t. I, LXXII, p. 219).

El 13 de noviembre de 1831, hácia las cuatro de la mañana, vió el capitan Bérard una gran lluvia de estrellas errantes en la costa de España á la altura de Cartagena, (*Annuaire* de 1836, p. 297).

En la noche del 12 al 13 de noviembre 1833, la memorable aparicion tan bien descrita por De nison Olmsted, en la América del Norte.

En la del 13 al 14 de noviembre de 1834, el mismo fenómeno, aunque un tanto menos marcado, en la América del Norte (Poggend., *Annalen*, t. XXXIV, p. 129).

El 13 de noviembre de 1835, un bólide esporádico cayó cerca de Belley, departamento del Ain, y prendió fuego á un monton de leña. (*Annuaire* de 1836, p. 296).

En 1838, el flujo de las estrellas errantes se manifestó con mayor claridad del 13 al 14 de noviembre (*Astron. Nachrichten*, 1838, n.° 372).

(67) Pág. 108.—Me consta que de sesenta y dos estrellas errantes observadas en Silesia (1823), por invitacion de Brandes, viéronse muchas de ellas á una altura de 34, 45 y aun de 74 miriámetros. (Brandes, *Unterhaltungen für Freunde der Astron. und Physik*, libro 1.°, p. 48); pero á causa de la pequeñez de su paralaje, Olbers cree dudosas todas las determinaciones de alturas que escedan de 22 miriámetros.

(68) Pág. 109.—La velocidad planetaria, es decir, la celeridad de traslacion de los planetas en sus órbitas, es en Mercurio de 4,9; en Venus, de 3, 6; en la Tierra, de 3, 0 miriámetros por segundo.

(69) Pág. 109.—Segun Chladni, fue un fisico italiano, Paolo Maria Terzago, el primero que consideró los aerolitos como piedras arrojadas por la Luna. Emitió con efecto esta idea en 1660, en ocasion de haber sido muerto en Milan un monje franciscano por la caida de un aerolito. «Labant Philosophorum mentes,» dice en su obra (*Musæum Septalianum, Manfredi Septalæ, Patricii Mediolanensis, industrioso labore constructum*. Tortona,



1664. p. 44). «sub horum lapidum ponderibus; ni dicere velimus, lunam terram alteram, sive mundum esse, ex cujus montibus divisa frusta in inferiorem nostrum hunc orbem delabantur.» Olbers, que ignoraba estas hipótesis, se ocupó desde 1795, despues de la célebre caida de aerolitos de Siena (16 junio 1794), en calcular la velocidad que deberia animar á una masa lanzada desde la Luna para llegar á la Tierra. Este problema de balística preocupó diez ó doce años despues á los geómetras Laplace, Biot, Brandes y Poisson. La opinion muy admitida en aquella época, y hoy abandonada, de que existian volcanes muy activos en la Luna, inducia al público á confundir dos cosas muy diferentes á saber: la posibilidad bajo el punto de vista matemático, y la verosimilitud bajo el punto de vista físico. Olbers, Brandes y Chladni creyeron encontrar «en la velocidad relativa de 3 á 6 miriámetros por segundo, de que los bólides y estrellas errantes están animados cuando penetran en nuestra atmósfera,» un argumento decisivo contra el orígen selenítico de estos meteoros. Para que las piedras lanzadas de la Luna puedan llegar á la Tierra, es necesario, segun Olbers, que estén animadas de una velocidad inicial de 2527 metros por segundo. (Laplace habia hallado 2396 m.; Biot, 2524; Poisson, 2314). Laplace considera esta velocidad inicial como siendo solamente 5 ó 6 veces mayor que la de una bala de cañon á su salida de la pieza; pero Olbers ha hecho ver «que si las piedras meteóricas fueran arrojadas de la Luna con una velocidad inicial de 2500 á 2600 m. llegarian á la tierra animadas de una velocidad que seria solo de 1,14 miriámetros por segundo. Pero como la velocidad observada es realmente de 3,70 miriámetros por término medio, la velocidad de proyeccion inicial en la superficie de la Luna deberia ser de 35700 m. próximamente, 15 veces mayor por lo tanto que la supuesta por Laplace.» (Olbers, en el *Schumacher's Jahrbuch*, 1837, p. 52-58, y en el *Neues Physik, Worterbuch* de Gehler, t. VI, 3.ª parte, p. 2129-2136. Sin embargo, es preciso convenir en que si la hipótesis de los volcanes lunares fuese hoy aun admisible, la falta de atmósfera daria á estos volcanes una notable ventaja sobre los de la Tierra con relacion á la fuerza de proyeccion; pero con respecto á esto, carecemos de datos exactos aun para nuestros volcanes y todo induce á creer que su fuerza de proyeccion ha sido notablemente exagerada. El doctor Peters, que observó y midió con escrupulosa exactitud todos los fenómenos del Etna, halló que la velocidad máxima de las piedras arrojadas por su cráter era solo de 81 m. por segundo. Otras observaciones hechas en el Pico de Tenerife en 1798, dieron 975 m. Si Laplace, al hablar de las piedras meteóricas al final de la *Expos. du Syst. du monde* (edicion de 1824, p. 339), dice con inteligente reserva que «segun lo mas verosímil provienen de las profundidades del espacio celeste». se le ve en otro lugar sin embargo (cap. IV, p. 233) volver á la hipótesis selenítica con cierta predileccion (sín duda no debia conocer la enorme

velocidad planetaria de las piedras meteóricas), y suponer que las piedras arrojadas por la Luna, «llegan á ser satélites de la Tierra, describiendo á su alrededor una órbita mas ó menos alargada, de tal suerte que no llegan á la atmósfera terrestre, sino despues de muchas y á veces de un numero muy considerable de revoluciones.» Así como á un Italiano de Tortona ocurriósele un dia la idea de que los aerolitos provenian de la Luna, del mismo modo algunos físicos griegos imaginaron hacerlos venir del Sol. Diógenes Laercio (l. II, c. 9) relata esta opinion al hablar de la masa caida cerca de AEgos-Potamos (véase la nota 62). Plinio, el gran recopilador, recuerda tambien esta idea singular (l. II, c. 58): «Celebrant Græci Anaxagoram Clazomenium Olympiadis septuagesimæ octavæ secundo anno prædixisse cœlestium litterarum scientia, quibus diebus saxum casurum esse e Sole, idque factum interdiu Thraciæ parte ad Ægos flumen. —Quod si quis predictum credat, simul fateatur necesse est majoris miraculi divinitatem Anaxagoræ fuisse, solvique rerum naturæ intellectum, et confundi omnia, si aut ipse Sol lapis esse aut unquam lapidem in eo fuisse credatur; decidere tamen crebro non erit dubium.» Se atribuia igualmente á Anaxágoras el haber profetizado la caida de una piedra de mediana magnitud, conservada en el gimnasio de Abydos. Aerolitos caidos en pleno dia, cuando la Luna no era visible, fueron probablemente el orígen de la idea de piedras arrojadas por el Sol. Uno de los dogmas físicos de Anaxágoras, dogmas que atrajeron sobre él persecuciones religiosas, fue que el Sol era «una masa incandescente en fusion (μύδρος διάπυρος).» En el Faeton de Eurípides, llámase al Sol, segun la idea del filósofo de Clazomena «masa de oro,» es decir, *materia* de color de fuego y que brilla con un vivo resplandor. Véase Walckenaer. *Diatribe in Eurip. perd. dram. Reliquias*, 1767, p. 30; Diog. Laert, l. II, c. 10.—Encontramos, pues, en los físicos griegos cuatro hipótesis diferentes: los unos atribuyen estos meteoros á las exhalaciones terrestres; los otros, á piedras arrancadas y levantadas por huracanes; (Arist., *Meteorol.*, l. I, c. 4 y 9). Estas dos primeras opiniones asignan un orígen terrestre á las estrellas errantes y á los bólides. La tercera hipótesis coloca este orígen en el Sol; y finalmente, la cuarta lo coloca en los espacios celestes, esplicando el fenómeno por la aparicion de astros por mucho tiempo invisibles, á causa de su alejamiento. Sobre esta última opinion de Diógenes de Apolonia, opinion que coincide completamente con las ideas actuales, véase el testo pág. 111 y la nota 88. Por mi profesor de lengua persa, M. Andrea de Nerciat (sabio orientalista, actualmente en Smirna), sé que en la Siria se da mucha importancia, á causa de una antigua creencia popular, á las piedras caidas del cielo, cuaudo este está iluminado por la Luna. Los antiguos, por el contrario, se preocupaban por la caida de aerolitos durante los eclipses de Luna: véase Plinio, l. XXXVII, c. 10; Solinus, c. 37: Salm., *Exerc.*, p. 531, y los pasajes reunidos por Ukert en la *Geogr. der Griechen und*

Römer, 2.ª parte, l. I, p. 131, nota 14. Véase sobre la inverosímil hipótesis de Fusieneri, que atribuia la formacion de las piedras meteóricas á la condensacion súbita de vapores metálicos de que estuvieron ordinariamente cargadas las capas superiores de la atmósfera, como sobre la penetracion mútua y la mezcla de gases de especies diferentes, mi *Relat hist.* t I, p. 525.

(70) Pág. 110.—Bessel, en la *Astron. Nachrichten* de Schum., 1839, números 380 y 381, p. 222 y 346. Termina la Memoria con una comparacion de las longitudes del Sol con las épocas de la aparicion del mes de noviembre, á partir de 1799, fecha de la primera observacion practicada en Cumana.

(71) Pág. 110.—El doctor Tomás Forster dice (*The pocket Encyclop. of Natural Phænomena*, 1827, p. 17), que en el colegio de Christ-Church en Cambridge, se conserva un manuscrito titulado: *Ephemerides rerum naturalium*, cuyo autor parece ser un fraile del siglo precedente. Al lado de cada dia del año, indica el manuscrito el fenómeno correspondiente, como la primera florescencia de ciertas plantas, la llegada de los pájaros, etc... El 10 de agosto está designado bajo el nombre de *meteorodes*. Esta indicacion, unida á la tradicion relativa á las lágrimas de fuego de San Lorenzo, determinaron á M. Forster á seguir asíduamente la aparicion del mes de agosto. (Quételet, *Corresp. mathem.*, serie III, t. 1, 1837, p. 433).

(72) Pág. 111.—Humboldt, *Relat. hist.*, t. I, p. 519-527; Ellicot en las *Transact. of the American Society*, 1804, t. VI p. 29. Arago dice, hablando de la aparicion de noviembre: «Asi se confirma cada vez mas la existencia de una zona compuesta de millares de pequeños cuerpos, cuyas órbitas encuentran al plano de la eclíptica hácia el punto que la Tierra va á ocupar todos los años del 11 al 13 de noviembre. Es un nuevo mundo planetario que empieza á revelársenos.» (*Annuaire* de 1836, p. 296.)

(73) Pág. 111.—Cf. Musschenbroek, *Introd. ad Phil. Nat.*, t. II, p. 1061; Howard, *Ctimate of London*, t. II, p. 23, observaciones del año 1806, por consiguiente, siete años anteriores á las primeras de Brandes (Benzenberg, *Sternschnuppen*, p. 240-244); las observaciones de agosto hechas por Tomás Forster, en Quételet, obra citada, p. 438-453; las de Adolfo Erman, de Boguslawski y de Kreil, en el *Jahrbuch* de Schum. 1838, p. 317-330. Sobre la posicion del punto de divergencia de los meteoros en la constelacion de Perseo, el 10 agosto 1839, véanse las escelentes medidas de Bessel y de Erman (Schum., *Astron. Nachrichten*, números 385 y 428). Sin embargo, parece que el movimiento en la órbita

no fue retrógrado el 10 de agosto de 1837. Véase Arago, en los *Comptes rendus*, 1837, t. II, p. 183.

(74) Pág. 111.—El 25 de abril de 1095, «una infinidad de personas vieron caer las estrellas del cielo, tan compactas como el granizo,» (ut grando, nisi lucerent, pro densitate putaretur; Baldr., p. 88); llegóse á creer en el concilio de Clermont, que tal suceso debia ser presagio de grandes revoluciones en la cristiandad; Wilken, *Geschichte der Kreuzzüge*, t. I, p. 75. El 22 de abril de 1800, se vió una gran lluvia de estrellas errantes en la Virginia y en Massachussets; parecia «como la combustion de un cohete que hubiese durado dos horas.» Arago fue el primero que señaló la periodicidad de este «surco de asteroides.» (*Annuaire* de 1836, p. 297). Las lluvias de aerolitos á principios de diciembre, son tambien muy notables; y pueden encontrarse indicios de su periodicidad en las antiguas observaciones de Brandes (contó dos mil estrellas errantes durante la noche del 6 al 7 de diciembre de 1798), y quizás tambien en la enorme lluvia de aerolitos que cayó en el Brasil, el 11 de diciembre de 1836, cerca del pueblo de Macao, sobre el rio Assu (Brandes, *Unterhaltungen*, 1845, 1.ª entrega, p. 65, y *Comptes rendus*, t. V, p. 211). Capocci descubrió doce lluvias de aerolitos entre el 27 y 29 de noviembre (de 1809 á 1839), y otros fenómenos del mismo género correspondientes al 13 noviembre, al 10 agosto y al 17 julio. (*Comptes rendus*, t. XI, p. 257). Es muy notable, el que ningun flujo *periódico* de estrellas errantes ó de aerolitos se haya presentado hasta ahora en las partes de la órbita terrestre que corresponden á los meses de enero, febrero y tal vez marzo. Sin embargo, yo he observado en el mar del Sur, el 15 de marzo de 1803, una gran cantidad de estrellas errantes, y se ha visto en Quito una lluvia de meteoros del mismo género, poco tiempo antes del horrible temblor de tierra de Riobamba (3 febrero 1797). Reasumiendo, las épocas siguientes parecen deber fijar la atencion de los observadores:

22-25 abril;
17 julio (17-26 julio?) (Quételet, *Corresp.*, 1837, p. 435);
10 agosto;
12-14 noviembre;
27-29 noviembre;
6-12 diciembre.

La multiplicidad de estos flujos periódicos no deben ser objeto de séria dificultad, como no lo es el gran número de cometas que llenan los espacios celestes, sin que la diferencia esencial que existe entre un cometa aislado y un anillo de asteroides, pueda hacer viciosa la asimilacion.

(75) Pág. 112.—Fernando de Wrangel, *Reise längs der Nordkuste von*

Sibirien in den Jahren, 1820-1824, 2.ª parte, p. 259.—Sobre la vuelta de la gran aparicion del mes de noviembre, en períodos de 34 años, véase Olbers, en el Schumacher's *Jarbuch*, 1837, p. 280.—He oido decir en Cumana, que poco tiempo antes del temblor de tierra de 1766, se habia visto un fuego de artificio celeste, semejante al del 11 al 12 de noviembre de 1799; el intervalo seria pues de 33 años. Sin embargo, el temblor de tierra no tuvo lugar á principios de noviembre, sino el 21 de octubre de 1766. Una noche apareció el volcan de Cayambo, durante una hora, como envuelto por una lluvia de estrellas errantes, y los habitantes de Quito, asustados por esta aparicion, hicieron procesiones, con objeto de atenuar la cólera celeste; quizás los viajeros que van á Quito pudieran decirnos la fecha precisa de este fenómeno. Véase *Relat. hist.*, t. 1, c. 4, p. 307; c. 10, p. 520 y 527.

(76) Pág. 114.—Estracto de una carta que me fue dirigida con fecha 24 enero 1838. El enorme enjambre de estrellas errantes del mes de noviembre de 1799, no fué visible mas que en América; pero allí se observó desde New-Herrnhut, en la Groenlandia, hasta el Ecuador. El enjambre de 1831 y el de 1832 se vieron solo en Europa; los de 1833 y 1834 únicamente lo fueron en los Estados-Unidos de América.

(77) Pág. 114.—Carta de M. Eduardo Biot á M. Quételet, *sobre las antiguas apariciones de estrellas errantes en China*, en los *Bull. de l' Acad. de Bruxelles*, 1843, t. X, n.º 7, p. 8.—Sobre la noticia sacada del *Chronicon cclesiæ Pragensis*, véase Boguslawski hijo, en los *Annalen* de Poggend., t. XLVIII, p. 612.

(78) Pág. 115.—«Se cree que un número, que parece inagotable, de cuerpos demasiado pequeños para ser observados, se mueven en el cielo, ya alrededor del Sol, ya alrededor de los planetas, asi como quizás tambien alrededor de los satélites. Supónese que cuando nuestra atmósfera encuentra á estos cuerpos, la diferencia entre su velocidad y la de nuestro planeta es suficientemente grande para que el rozamiento que sufren contra el aire, eleve su temperatura hasta el punto de ponerlos incandescentes y á veces hasta de hacerlos estallar. Si el grupo de las estrellas errantes forma un anillo continuo alrededor del Sol, su velocidad de circulacion, podrá ser muy diferente de la de la Tierra; y sus desplazamientos en el cielo, consecuencia de las acciones planetarias, podrán aun hacer posible ó imposible, en diversas épocas, el fenómeno de que se encuentren en el plano de la eclíptica.» (Poisson, *Recherches sur la probabilité des jugements*, p. 306-307.)

(79) Pág. 115.—Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne* (2.ª edicion), t. III, p. 310.

(80) Pág. 116.—Plinio habia observado ya el color particular de la costra de los aerolitos «*colore adusto*» (l. II, c. 56 y 58); la espresion «*lateribus pluisse*» se refiere igualmente al aspecto de los aerolitos cuya superficie indica la accion del fuego.

(81) Pág. 116.—Humboldt, *Relat. hist.*, t. II, c. 20, p. 299-302.

(82) Pág. 117.—Gustavo Rose, *Reise nach dem Ural*, t. II, p 202.

(83) Pág. 117.—G. Rose, en los *Annalen* de Poggend., 1825, t. IV., p. 173-192; Rammelsberg, *Erstes Suppl. zum chem. Handwörterb. der Mineral.*, 1843, p. 102.

«Es un hecho muy notable y por mucho tiempo olvidado, dice Olbers, el que ningun *aerolito fósil* haya sido encontrado entre las conchas fósiles de los terrenos secundarios y terciarios. ¿Débese deducir de aquí que si caen verosimilmente, segun Schreibers, setecientos aerolitos por año sobre la superficie actual del globo, no haya caido ninguno antes de la época en que fué formada esta superficie?» (Olbers, Schum. *Jahrbuch*, 1838, p. 329). Muchas masas de hierro nativo niquelífero, de naturaleza problemática, han sido halladas á una profundidad de 10 metros debajo de tierra en el norte del Asia (lavaderos de oro de Petropawlowsk), y muy recientemente aun en los Karpatos occidentales (minas de Magura, cerca de Szlanicz). Cf. Erman, *Archiv. für wissenschatfl. Kunde von Russland*, tomo I, p. 315; y Haidinger, *Bericht über die Szlaniczer Schürfe in Ungarn*.

(84) Pág. 117,—Berzélius, *Jahresbericht*, t. XV, p. 217 y 231; Rammelsberg *Handwörterbuch*, 2.ª parte, p. 25-28.

(85) Pág. 118.—«Sir Isaac said, he took all the planets to be composed of the same matter with this earth, viz. earth, water and stones, but variously concocted.» Turner, *Collections for the hist. of Grantham, cont. authentic Memoirs of sir Isaac Newton*, p. 172.

(86) Pág. 119.—Adolfo Erman, en los *Annalen* de Poggend., 1839, t. XLVIII, p. 582-601.

Algunos años antes, dudaba Biot que la corriente de asteroides de noviembre, debiera reaparecer hácia principios de mayo (*Comptes rendus*, 1836, t. II, p. 670). Mædler investigó, mediante ochenta y seis años de observaciones metereológicas hechas en Berlin, lo que se debe pensar de la popular creencia relativa á los tres famosos dias de frio del mes de mayo (*Verhandl. der Vereins für Beförd. des Gartenbaues*, 1834, p. 377), y halló que efectivamente, el 11, el 12 y el 13 de mayo, la temperatura retrograda 1.°22, precisamente en la época del año en que

el movimiento ascendente deberia ser el mas marcado. Convendria que este fenómeno curioso, donde se ha visto el efecto de la fundicion de los hielos en el noroeste de Europa, pudiera ser estudiado simultáneamente en puntos muy distantes, en América, por ejemplo, y en el hemisferio austral. Cf el *Bull. de l'Acad. imp. de Saint-Petersbourg*, 1843, t. I, n.º 4.

(87) Pág. 119.—Plutarco, *Lysandro*, c. 22. Segun la narracion de Damachus (Daïmachos) se ha visto durante setenta dias consecutivos, una nube inflamada arrojar chispas que se asemejaban á estrellas errantes, descender despues y lanzar por último la piedra de Ægos-Potamos, «que solo formaba una porcion insignificante de la nube.» Esta narracion es inverosímil; puesto que de ella resultaría que el bólide ha debido moverse durante setenta dias en el mismo sentido y con la misma velocidad que la tierra, circunstancia á la cual solo obedeció durante un corto número de minutos, el bólide del 19 de julio de 1686 descrito por Halley. Por lo demás, este Daïmachos, el escritor, (περί εὐσεβείας) podria ser muy bien el Daïmachos de Platea, que Seleuco envió á las Indias al hijo de Androcoto y que Strabon (p. 70, Casaub.) presenta como un «gran narrador de fábulas»; otro trozo de Plutarco *Parall. de Solon, et de Public.*, c. 4, induciria á pensarlo. Sea como fuere, aquí solo se trata de la narracion muy tardía de un autor que escribia en Tracia, siglo y medio despues de la caida del célebre Aerolito, y cuya veracidad ha parecido suspecta á Plutarco.

(88) Pág. 120.—Stob., ed. Heeren, l. I, c. 25, p. 508; Plutárco, *de Plac. philos.*, l. II, c. 13.

(89) Pág. 120.—El trozo notable de Plutarco (*de Plac. philos.*, l. II, c. 13) está concebido en estos términos: «Anaxágoras demuestra que el éter ambiente es de naturaleza ígnea; por la fuerza de su movimiento giratorio, arranca pedazos de piedras, los pone incandescentes y los transforma en estrellas.» Parece que el filósofo de Clazomena, esplicaba tambien por un efecto análogo del movimiento general de rotacion, la caida del leon de Nemea, que una antigua tradicion hacía caer *de la Luna* sobre el Peloponeso (Elien., l. XII, c. 7; Plutarco, *de Facie in orbe Luna*, c. 24; *Schol. ex Cod. Paris in Apoll. Argon.*, l. I, p. 498, ed Schœf.; t. II, p. 40; Meineke, *Annal. Alex.*, 1843, p. 85). Antes teníamos *piedras de la luna*, ahora tenemos un *animal caido de la luna*. Segun la ingeniosa observacion de Bœckh, este antiguo mito del leon lunario de Nemea, tiene un orígen astronómico, y en la cronología se halla en relacion simbólica con el ciclo de intercalacion del año lunar, con el culto de la Luna en Nemea, y los fuegos que le acompañaban.

(90) Pág. 122.—Copio aquí un notable trozo de Keplero sobre las irradiaciones calóricas de las estrellas; una de esas inspiraciones que á cada paso se encuentran en los escritos de tan distinguido sábio. «Lucios proprium est calor: sydera omnia calefaciunt. De syderum luce claritatis ratio testatur, calorem universorum in minori esse proportione ad calorem unius solis quam ut ab homine, cujus est certa caloris mensura, uterque simul percipi et judicari possit. De cincindularum lucula tenuissima negare non potes, quin cum calore sit. Vivunt enim et moventur, hoc autem non sine calefactione perficitur. Sed neque putrescentium lignorum lux suo calore destituitur; nam ipsa putredo quidem lentus ignis est. Inest et stirpibus suus calor.» (*Paralipomena in Vitell. Astron. pars optica*, 1604, prop. XXXII, p. 25). Cf. Keplero, *Epit. Astronomia Copernicanæ*, 1618, t. I, l. I, p. 35.

(91) Pág. 124.—«Thereis another thing, wich I recommend to the observation of mathematical men: wich is, that in February, and for a little before, and a little after that month (as I have observed several years together) about sex in the evening, when the Twilight hath almost deserted the horizon, you shall see a plainly discernable way of the Twilight strihing up toward the Pleiades, and seeming almost to touch them. It is so observed any clear night, but it is best *illac nocte*. There is no such way to be observed at any other time of the year (that I can perceive), nor any other way at that time to be perceived darting up elsewhere. And I believe it hath been and will be constantly visible at that time of the year. But what the cause of it in nature should be, I cannot yet imagine, but leave it to further inquiry,» Childrey, *Britannia Baconica*, 1661, p. 183. Tal es la primera y mas sencilla descripcion del fenómeno. (Cassini, *Découverte de la lumière céleste qui paraît dans le zodiaque*, en las *Mém. de l'Acad.*, t. VIII, 1730, p. 276. Mairan, *Traité phys. de l'aurore boréale*, 1754; p. 16). La notable obra de Childrey de la cual hemos tomado el trozo que antecede, contiene tambien (p. 91) detalles muy bien razonados sobre las épocas de máximo y mínimo en la distribucion anual del calórico y en la marcha diurna de la temperatura, y algunas consideraciones sobre el retardo que se manifiesta para la produccion del efecto máximo ó mínimo en todos los fenómenos metereológicos. Desgraciadamente el capellan de lord Henry Somerset, enseña al propio tiempo, en su Filosofía baconiana que la tierra está alargada hácia los polos (idea tambien de Bernardino de Saint-Pierre). «En su origen, dice, la tierra era completamente esférica; pero el contínuo aumento de las capas de hielo hácia los dos polos, modificó esta figura; y como el hielo está formado de agua, de aquí resulta que la masa de esta disminuye por todas partes.»

(92) Pág. 125.—Dominico Cassini (*Mém. de l'Acad.*, t. VIII, 1730, p. 188), y Mairan (*Aurore boréale*, p. 16), creyeron encontrar la luz zodiacal en el fenómeno que se observó en Persia en 1668. Delambre (*Hist. de l'Astron. moderne*, t. II, p. 742) atribuye el descubrimiento de esta luz al célebre viajero Chardin; pero el mismo Chardin presenta este *nyazouk* (nyzek, lanza pequeña) en el *Couronnement de Soliman* y èn otros lugares del relato de su viaje (ed. de Langlés, t. IV, p. 326; t. X, p. 97), como «el grande y famoso cometa que apareció casi en toda la tierra en 1668, y cuya cabeza estaba oculta en el Occidente, de suerte que no podia vérsele en parte alguna desde el horizonte de Ispahan.» (*Atlas du voyage* de Chardin, tab. IV, con arreglo á las observaciones hechas en Schiraz). La cabeza de este cometa fué vista en el Brasil y en las Indias (Pingré, *Cométographie*, t. II, p. 22.). Sobre la identidad presumida del último gran cometa de 1843, con el que Cassini habia tomado por la luz zodiacal, véase la *Astron. Nachr.* de Schumacher, 1843, n.° 476, 1480. En Persa, las palabras *nîzehi*, *âteschin* (dardos ó lanzas de fuego) se aplican tambien á los rayos del sol en su orto ú en su ocaso; del propio modo *naydzik* está traducido en el Léxico árabe de Freytag, por *stellæ candentes*. Por lo demás, estas singulares denominaciones aplicadas á los cometas, comparándolos con lanzas y espadas, se encuentran en todos los idiomas, sobre todo, durante la edad media. Hay mas, el gran cometa observado en 1500, desde el mes de abril hasta el mes de junio, fue designado siempre por los escritores italianos de aquella época con el nombre de *il signor Astone* (véase mi *Exámen critique de l'histoire de la Géographie*, t. V, p. 80). Háse afirmado muchas veces que Descartes (Cassini, p. 230, Mairan, p. 16) y aun Keplero (Delambre, t. I, p. 601) habian conocido la luz zodiacal; pero esta opinion me parece inadmisible. Descartes (*Principes*, III, art. 136, 137) esplica de un modo bastante oscuro la formacion de las colas de los cometas: «Por rayos oblícuos que al caer sobre diferentes partes de las órbitas planetarias, llegan á nuestra vista desde las partes laterales, por una refraccion estraordinaria»; dice tambien que los cometas que se ven en el crepúsculo de la noche ó en el de la mañana, pueden aparecernos «como una ancha vigueta» cuando el sol se halla entre el cometa y la tierra. Estos pasajes en nada se refieren á la luz zodiacal, así como tampoco aquel en que habla Keplero de una atmósfera solar (limbus circa solem, coma lucida); esta, dice, impide que la oscuridad sea completa durante los eclipses totales de sol. Nada es menos exacto que el pensar con Cassini (p. 231, art. XXXI), y con Mairan (p. 15), que las palabras «trabes quas δοκοὺς vocant» (Plinio, l. II, c. 26 y 27) se refieren á la luz zodiacal que se levanta en el horizonte en forma de lengua. Entre los antíguos, la palabra *trabes* se aplica siempre á los bólides *(ardores et faces)* y á otros meteoros igneos, ó bien á los cometas de largas cabelleras. (So-

bre las palabras δοκὸς, δοκίας, δοκίτης, véase Schœffer, *Schol. Par. Apoll. Rhod.*, 1813, t. II, p. 206; Seudo-Aristóteles, *de Mundo*, 2, 9; *Comment. Alex., Joh. Philop. et Olymp. in Aristot. Meteor.*, t. I, c. 7, 3 p. 195, ed. Ideler; Séneca, *Natur. Quæst.*, t. I, c. 1.

(93) Pág. 125 Humboldt, *Monuments des peuples indigénes de l'Amerique*, t. II, p. 301. Este rarísimo manuscrito, proviene de la biblioteca de Letellier, arzobispo de Reims; contiene numerosos pasages sacados de un ritual azteca, de un calendario astrológico y de anales históricos que se estienden desde 1197 á 1549, los cuales transcriben á un tiempo los fenómenos naturales, la fecha de los terremotos, la aparicion de los cometas, los de los años 1490 y 1529, por ejemplo, y numerosos eclipses de sol muy importantes para la cronología mejicana. En el manuscrito de Camargo, *Historia de Tlascala*, llámase á la luz que ascendia desde el horizonte occidental hasta casi el zénit «chispeante y como sembrada de estrellas muy unidas.» Esta descripcion de un fenómeno que duró cuarenta dias, no puede aplicarse en manera alguna á las erupciones del Popocatepetl, volcan situado a muy poca distancia en direccion del S.-E. (Prescott, *Hist. of the Conquest of Mexico*, t. I, p. 284). Comentadores mas recientes han comprendido esta aparicion, en la que veia Motezuma el presagio de alguna gran desventura, con la «estrella que humeaba» (mas propio; que *centelleaba*; en mejicano *choloa*, chispear y centellear). Por lo que respecta á la conexion de este *vapor* con la estrella *Citlal Choloa* (Venus) y con el *Monte de la Estrella* (Citlaltepetl, ó el volcan de Orizaba), véase mi obra sobre los *Monuments des peuples indig. de l'Amérique*, t. II, p. 303.

(94) Pág. 125.—Laplace, *Expos. du Système du Monde*, p. 270; *Mecanique celeste*, t. II, p. 169 y 171. Schubert, *Astron.*, t. III, § 206.

(95) Pág. 126.—Arago, *Annuaire* de 1842, p. 408. Cf. las consideraciones desarrolladas por sir John Herschell, acerca de la pequeñez del volúmen y del brillo de las nebulosas planetarias, en la obra de Mary Sommerville, *Connexion of the phys. Sciencies*, 1835, p. 108. La idea de que el Sol es una *estrella nebulosa*, cuya atmósfera diera lugar al fenómeno de la luz zodiacal, no fué emitida por Dominico Cassini y sí por Mairan en 1731 (*Traité de l' Aurore boreale*, p. 47 y 263; Arago en el *Annuaire* de 1842, p. 412). Esta idea no es mas que una reproduccion de otra de Keplero.

(96) Pág. 126.—Con objeto de esplicar la forma de la luz zodiacal, recurrió Dominico Cassini, como lo hicieron mas tarde Laplace, Schubert y Poisson, á la hipótesis de un anillo aislado. Dice así: «Si las órbitas de Mercurio y de Venus fueran visibles (materialmente en toda la esten-

sion de su superficie), las veríamos habitualmente de la misma figura y en la misma disposicion, con respecto al Sol y en las mismas épocas del año que la luz zodiacal.» (*Mem. de l' Acad.*, t. VIII, 1730, p. 218; y Biot en los *Comptes rendus*, 1836, t. III, p. 666). Cassini pensaba que el anillo nebuloso de la luz zodiacal estaba formado de un número infinito de cuerpos planetarios escesivamente pequeños, girando alrededor del Sol; no estaba muy lejos de creer tambien que la caida de los bólides tenia relacion con el paso de la Tierra á través de este anillo nebuloso. Olmsted y especialmente Biot (obra citada, p. 673), trataron tambien de relacionar esta opinion con la lluvia de estrellas errantes del mes de noviembre; pero Olbers espuso sus dudas acerca de este particular. (Schumacher's *Jahrbuch*, 1837, p. 281). Houzeau en las *Astron. Nachr.* del mismo editor, 1843; n.º 492, p. 190, examina si el plano de la luz zodiacal coincide exactamente con el plano del Ecuador solar.

(97) Pág. 126.—Sir Jhon Herschell, *Astron.*, § 487.

(98) Pág. 126.—Arago, en el *Annuaire* de 1842, p. 246. Numerosos hechos parecen indicar, que cuando una masa está reducida mecánicamente al estado de division estrema, la tension eléctrica puede crecer lo bastante para desarrollar la luz y el calor. Las tentativas que se han hecho con los mejores espejos cóncavos no han dado, hasta ahora, ninguna prueba decisiva de la existencia del calórico radiante en la luz zodiacal. (Carta de M. Matthiessen á M. Arago, en los *Comptes rendus*, t. XVI; abril, 1843, p. 687.

(99) Pág. 127.—«Lo que me decis acerca de las variaciones de la luz zodiacal entre los trópicos, y sobre las causas de estas variaciones, escita tanto mas mi interés, cuanto que yo mismo, desde hace mucho tiempo, presto particular atencion á este fenómeno, cada vez que se presenta durante la primavera, en nuestra zona septentrional. He pensado siempre como vos que la luz zodiacal debia estar animada de un movimiento de rotacion; pero en contradiccion con la idea de Poisson, de que me dais cuenta, admito que esta luz se estiende hasta el Sol, creciendo rápidamente en intensidad y que su parte mas brillante forma la corona luminosa, que parece rodear al Sol, durante los eclipses totales. He observado de un año á otro considerables variaciones en esta luz; es á las veces, durante muchos años consecutivos, muy brillante y muy estensa; otras, apenas perceptible, tambien durante algunos años. Creo haber hallado la primera indicacion de la luz zodiacal en una carta de Rothmann á Tycho, en la que aquél, dice haber observado que el crepúsculo de la tarde concluia durante la primavera, cuando el Sol habia descendido 24º bajo el horizonte. Rothmann tomó ciertamente la desaparicion sucesiva de la luz zodiacal en los vapores del ocaso; por el fin real del fenómeno crepuscu-

lar. Jamás he visto movimiento de efervescencia á causa, sin duda, de la pequeñez de la luz zodiacal en muchos paises; pero con seguridad teneis razon al atribuir las rápidas variaciones de brillo, que bajo los trópicos os han presentado los objetos celestes, á los cambios que sobrevienen en nuestra atmósfera, especialmente en las regiones elevadas. El efecto de que hablais se manifiesta del modo mas asombroso en las colas de los cometas. Se ven con frecuencia, sobre todo cuando el cielo está muy despejado, pulsaciones que parten de la cabeza, como punto mas bajo, y que en uno ó dos segundos recorren toda la cola, de tal suerte, que ésta parece dilatarse rápidamente algunos grados y contraerse inmediatamente, despues, del mismo modo. Estas ondulaciones, de las que antes se habia ocupado Roberto Hooke, y hace poco tiempo tambien Schrœter y Chladni, no se producen en el cuerpo mismo del cometa; resultan de simples accidentes atmosféricos. Esto se hace evidente con solo pensar en que las diferentes partes de un cometa, cuya longitud es de muchos millones de leguas, se encuentran necesariamente situadas á distancias muy desiguales de la Tierra, y que su luz emplea, para llegar hasta nosotros, intérvalos de tiempo que pueden diferir en muchos minutos. Respecto á esas variaciones de la luz zodiacal que habeis visto en las orillas del Orinoco prolongarse durante minutos enteros, no puedo decidir si deben atribuirse á resplandores efectivos, ó bien á un juego de la atmósfera. Me es igualmente imposible esplicar la claridad singular de ciertas noches, así como la estension y el resplandor anormal de los crepúsculos de 1831, crepúsculos cuya parte mas brillante no correspondia, segun algunos observadores, al lugar que el Sol debia ocupar debajo del horizonte.» (Tomado de una carta que me dirigió, desde Brema el doctor Olbers, el 26 de marzo de 1833.)

(100) Pág. 128.—Biot. *Traité d' Astron. physique* (3.ª ed.), 1841, t. I, p. 171, 238 y 312.

(1) Pág. 129.—Bessel, en el Schumacher's *Jharbuch für*, 1839, p. 51; esta velocidad llega quizá á 742.000 miriámetros por dia; la velocidad *relativa* es, por lo menos, de 618.000 miriámetros; mas del doble de la velocidad con que gira la Tierra alrededor del Sol.

(2) Pág. 130.—Sobre el movimiento del sistema solar, segun Bradley, Tobías Mayer, Lambert, Lalande y W. Herschell, véase Arago en e *Annuaire* de 1842, p. 388-399; Argelander en las *Astron. Nachr.* de Schum., números 363, 364, 498; y sobre Perseo, considerado como cuerpo central, alrededor del cual girase todo el conjunto estelar, en la Memoria *von der eigenen Bewegung des Sonnensystems*, 1837, p. 43. Véase tambien Othon Struve en el *Bull. de l' Acad. de Saint-Petersbourg*, 1842

t. X, n.° 9, p. 137-139. Un nuevo cálculo de este último dá, para la direccion del movimiento solar, 261° 23' A. R.; + 37° 36' decl.; y uniendo este resultado al de Argelander, se encuentra por una combinacion definitiva de 797 estrellas, 259° 9' A. R.; + 34° 36' decl.

(3) Pág. 131.—Aristóteles, *de Cœlo*, l. III, c. 2, p. 201, ed. Bekker; *Phys.*, l. VIII, c. 5, p. 256.

(4) Pág. 132.—Savary, en el *Connaissance des temps* para 1830, p. 56 y 163; Encke. *Berl. Jahrbücher*, 1832, p. 25 y siguientes; Arago en el *Annuaire* de 1834, p. 260-295; John Herschell, en las *Mem. of the Astron. Soc.*, t. V, p. 171.

(5) Pág. 132. —Bessel, *Untersuchung des Theils der planetaris chen Storungen, welche aus der Bewegung der Sonne entsechen*, en las *Mem. de l' Acad. des Sciences de Berlin*, 1824. (*Classe des Mathem.*), p. 2-6. La cuestion fué iniciada por Juan Tobías Mayer, en los *Comment. Soc. Reg. Gotting.*, 1804 1808, t. XVI, p. 31-68.

(6) Pág. 133.—*Philos. Transact. for*, 1803, p. 225; Arago, *Annuaire* de 1842, p. 375. Para poder considerar de un modo sencillo la distancia de las estrellas, tal como la he transcrito algunas líneas mas arriba, en el testo, basta colocar dos puntos, que disten entre sí un pié para representar el Sol y la Tierra; Urano entonces estaria situado á 19 pies del primer punto y Vega de la Lira á 64 leguas (de 4.000 metros).

(7) Pág. 133.—Bessel, en Schumacher's *Jahrbuch*, 1839, p. 53.

(8) Pág. 133.—Mædler, *Astron.*, p. 476; el mismo, en Schum. *Jahrbuch*, 1839, p. 95.

(9) Pág. 135.—Sir W. Herschell, en las *Philos. Transact. for.*, 1817; 2.ª parte, p. 328.

(10) Pág. 135.—Arago, *Astronomie populaire*, t. II, p. 17.

(11) Pág. 136.—Sir John Herschell, en una carta escrita desde el cabo de Buena Esperanza el 13 de Enero de 1836; Nicholl, *Archit. of the Heavens*, 1838, p. 22. Véanse tambien muchas indicaciones aisladas de sir William Herschell, sobre el espacio privado de estrellas que nos separa de la via lactea, en las *Philos. Transact. for*, 1817; 2.ª parte, p. 328.

(12) Pág. 136.—Sir John Herschell, *Astron.*, § 624. El mismo, en las *Observations of Nebulæ and Clusters of Stars* (*Transact*, 1833; 2.ª parte,

p. 479, fig. 25): «We have herea brother System bearing a real physical resemblance and strong analogy of structure of our own.»

(13) Pág. 137.—Sir William Herschell, en las *Transact. for*, 1785, t. 1, p. 257. Sir John Herschell, *Astron.*, § 616. («The nebulous region of the heavens forms a *nebulous milky way*, composed of distinct nebulæ as the other of stars.» El mismo, en una carta que me dirigió en marzo de 1829.)

(14) Pág. 137.—John Herschell, *Astron.*, § 585.

(15) Pág. 137.—Arago, *Annuaire* de 1842, p. 282-285. *Astronomie populaire*, t. I, p. 524-527 y 534-536.

(16) Pág. 137.—Olbers, sobre la transparencia de los espacios celestes en Bode's *Jahrbuch*, 1826, p. 110-121.

(17) Pág. 138.—«An opening in the heavens,» Villiam Herschell en las *Transact. for.*, 1785, t. LXXV, primera parte, p. 256; el francés Lalande, en el *Conn. des temps* para el año VIII, p. 383; Arago, *Astronomie populaire*, t. I, p. 511.

(18) Pág. 138.—Aristóteles, *Meteor.*, l. II, c. 5, 1; Séneca, *Natur. Quæst.*, l. I, c. 14, 2. «Cœlum discessisse», en Ciceron, *de Divin.*, l. I, capítulo 43.

(19) Pág. 138.—Arago, *Astronomie populaire*, t. I, p. 515.

(20) Pág. 139.—En diciembre de 1837, sir John Herschell vió la estrella η de Argos, que habia sido hasta entonces de segunda magnitud, crecer rápidamente en brillo, y llegar á ser de primera. En enero de 1838, lucia ya tanto como la de la α del Centauro. Segun las noticias mas recientes, Maclear la halló en marzo de 1843 tan brillante como Canopea, y aun la α de la cruz del Sud parecia completamente deslucida al lado de la η de Argos.

(21) Pág. 140.—«Hence it follows that the rays of light of the remotest nebulæ must have been almost two millions of years on their way, and that consequently, so many of years ago, this object must already have had *an existence* in the sidereal heaven, in order to send out those rays by which we now perceive it.» William Herschell, en las *Transact. for.*, 1802, p. 498: John Herschell, *Astron.* § 590; Arago, *Astronomie populaire*, t. I, p. 363-406 y 438-445.

(22) Pág. 140.—Este verso es de un precioso soneto de mi hermano Guillermo de Humboldt, *gesammelte Werke*, t. IV, p. 358, núm. 25.

(23) Pag. 141.—Otfried Müller, *Prolegomena*, § 373.

(24) Pág. 144.—Cuando se trata de la mayor profundidad á que los trabajos de los hombres han podido llegar, es necesario distinguir la profundidad *absoluta*, contada desde la superficie misma del suelo, de la profundidad *relativa*, contada solamente á partir del nivel del mar. La mayor profundidad relativa alcanzada, es quizás la del pozo artesiano de Neu-Salzwerk, cerca de Minden, en Prusia, que en junio de 1844 era de 607,4 m.; la profundidad absoluta era de 680 m. La temperatura del agua en el fondo del pozo, ascendia entonces á 32°,7 admitiendo 9°,6 para la temperatura media de la atmósfera, se tendria el aumento de 1° por cada 29,6 m. El pozo de Grenelle, en París, tiene 547 m. de profundidad absoluta. Segun dice el misionero Imbert, á la profundidad de nuestros pozos artesianos, escede con mucho la de las fuentes de fuego (Ho-tsing), en China; estos pozos se perforan con el objeto de procurarse gas hidrógeno, que se quema en las salinas para la evaporacion del agua. En la provincia china de Szou-Tchouan, las *fuentes de fuego* tienen generalmente de 600 á 650 m. de profundidad; en Tseou-Lieou-Tsing (*lugar del derramamiento perpétuo*), se perforó á la cuerda en 1812, un ho-tsing de 975 m. (Humboldt, *Asie centrale*, t. II, p. 521 y 525; *Annales de l'association pour la propagation de la Foi*, 1829, núm. 16, p. 369). La profundidad relativa alcanzada en Monte-Massi, en Toscana, al Sud de Voltera, solo es de 382 m., segun Matteucci. Es probable que la hullera de Apendale, en Newcastle, sobre el Tyne (Stafford shire), venga en profundidad relativa inmediatamente despues del pozo artesiano de Neu-Salzwerk. En esta mina los trabajos de esplotacion se verifican á 725 yardas (658 m.) debajo de la superficie (Thomas Smith, *Miner's Guide*, 1836, p. 160); no conozco desgraciadamente la altura exacta del suelo sobre el nivel del mar. La profundidad de la mina de Monk-Wearmouth, en Newcastle, es de solo 456 m. (Phillips en el *Philos. Magaz.*, t. V, 1834, p. 446); la del carbonage la Esperanza, en Seraing, 413 m., segun M. de Dechen; la de la antigua mina Marihaye, cerca de Val-Saint-Lambert, en el valle del Mosa, 376 m., segun Gernaert, ingeniero de minas. Las escavaciones mas profundas (midiendo ahora á partir del suelo) se han practicado en su mayor parte sobre mesetas ó en valles, de tal altura, que el nivel del mar ó ha sido escedido en muy poco, ó no ha sido alcanzado. Un pozo de mina, actualmente abandonado en Kuttenberg, en Bohemia, habia llegado á la enorme profundidad absoluta de 1151 m. (F. A. Schmidt, *Berggesetze der österr. Mon.*, primera parte, t. I, p. XXXII). En San Daniel y en Geist, sobre el Rœrerbühel (distrito de Kitzbühl), llegaron los trabajos en el siglo XVI á 947 m. Aun se conservan los planos de los trabajos ejecutados sobre el Rœrerbühl en 1539. (Joseph de Sperges *Tyroler Bergwerksgeschichte*,

p. 121). Cf. tambien Humboldt, *in die Gutachten über Herantreibung des Meissner Stollens in die Freiberger Erzrevier*, impreso en Herder, *ueber den jelzt begonnenen Erbstollen*, 1838, p. CXXIV). La estraordinaria profundidad de estos trabajos parece haber sido conocida desde muy antiguo en Inglaterra, pues Gilbert, *de Magnete*, asegura que el hombre ha podido penetrar en la corteza terrestre á 780, y aun á 975 m. de profundidad, «Exigua videtur terræ portio, quæ unquam hominibus spectanda emerget aut eruitur: cum profundius in ejus viscera, ultra efflorescentis extremitatis corruptelam, aut propter aquas in magnis fodinis, tanquam per venas scaturientes, aut propter aeris salubrioris ad vitam operarium sustinendam necessarii defectum, aut propter ingentes sumptus ad tantos labores exantlandos, multasque difficultates, ad profundiores terræ partes penetrare non possumus; adeo ut quadringentas aut (quod rarissime) quingentas orgyas in quibusdam metallis descendisse, stupendus omnibus videatur conatus.» Guillielmi Gilberti, Colcestrensis, *de Magnete Physiologia nova*, Lond., 1600, p. 40. Las profundidades absolutas de las minas de Freiberg, en Sajonia, son de 592 y 557 m.; las profundidades relativas no esceden de 201 y 84 m. suponiendo que para hallar la altura del suelo sobre el nivel del mar se tome, con Reich, 387 m. para la de Freiberg. La profundidad absoluta de las minas de Joachimsthal, en Bohemia, no menos célebres por su riqueza que las de Freiberg, es de 646 m., sin que por esto hayan llegado los trabajos al nivel del mar, puesto que las medidas de M. de Dechen dan próximamente 731 m. para la altura de la superficie sobre este nivel. En el Hartz, el pozo Samson, en Andreasberg, tiene 670 m. de profundidad absoluta. En la antes América Española, no conozco minas mas profundas que las de Valenciana, en Guanaxuato (Méjico), donde he medido la profundidad absoluta de los *planes de San Bernardo*; estos *planes* tenian 514 m.: por consiguiente les faltaba todavía 1816 m. para llegar al nivel del mar. La profundidad de los antiguos trabajos de Kuttenberg escede á la altura del monte Brocken, y es inferior á la del Vesubio en solo 65 m. Si se la compara á la altura de los mayores edificios construidos por la mano de los hombres (la pirámide de Cheosp y la aguja del campanario de la catedral de Strasburgo), se encuentra la relacion de 8 á 1. Nuestros libros geológicos contienen tantos datos mecánicos de manifiesta inexactitud, y estos datos han sido alterados con tanta frecuencia por falsas reducciones, que me ha parecido útil presentar aquí todos los documentos ciertos que he podido recoger sobre las profundidades absolutas y relativas de las minas y pozos artesianos.—Cuando se desciende de Jerusalem hácia el mar Muerto dirigiéndose al Este, se goza de un espectáculo único en el mundo; y digo único por el estado actual de nuestros conocimientos sobre la hipsometria de la superficie terrestre; á medida que se va llegando á la quebrada que sirve de lecho al Jordan, se camina

á cielo abierto sobre capas de rocas, cuya profundidad bajo el nivel del Mediterráneo es de 422 m., segun la nivelacion barométrica de Bertou. y Russegger. (Humboldt, *Asie centrale*, t. II, p. 323.)

(25) Pág. 145.—A falta de los trabajos mineros, las capas que se encorban en forma de bóvedas tumbadas que se ven caer y reaparecer mas lejos á una distancia determinada, pueden dar indicaciones preciosas á cerca de la constitucion de las partes mas profundas de la costa terrestre. Los datos de esta naturaleza tienen un gran interés para la geognosia. Debo las notas siguientes á un escelente geólogo, M. de Dechen: «La profundidad de la depresion formada por las capas carboníferas de Luttich en el monte San Gilles, segun las medidas tomadas por mí, de acuerdo con nuestro amigo M. de OEynhausen, es proximamente de 1186 m. debajo de la superficie; como el monte San Gilles no tiene mas de 130 m. de altura absoluta, el fondo del seno es de 1056 m. bajo el nivel del mar. El seno de los lechos de carbon de piedra de Mons, es aun 568 m. mas profundo. Pero estas profundidades son bien pequeñas en comparacion de la que puede deducirse de la disposicion de los lechos de carbon de piedra de Saar-Revier (Saarbrücken.) En diferentes ensayos he hallado que la capa de carbon situada en los alrededores de Duttweiler cerca de Saarlouis desciende hasta 6710 m. bajo el nivel del mar. «Este resultado escede en 2600 m. la profundidad que he atribuido en el testo á un seno formado por el plegamiento de los estratos devonianos. Los lechos de carbon de piedra de que habla Dechen se suceden asi bajo el nivel del mar, en tanto que el Chimborazo se eleva sobre el mismo nivel. A esta profundidad el calor terrestre debe ser de 224°. Desde las cimas mas altas del Himalaya hasta las capas donde la vejetacion del mundo primitivo se ha escondido, la distancia contada verticalmente es de 14600 m. ó de $^{1}/_{435}$ del radio de la Tierra.

(26) Pág. 149.—Platon *Phædo*, p. 97. (Aristóteles, *Me taph*, p. 985). Cf. Hegel *Geschichte der Philos.*, 1840, p. 16.

(27) Pág. 149.—Bessel, *Allgemeine Betrachtungen ueber Gradmessungen nach astronomisch-geodätischen Arbeiten*, al fin de la obra de Bessel y Bæyer *Gradmessung in Ostpreussen*, p. 227. En cuanto al pasaje relativo á la luna, voy. Laplace. *Expos. du Système du Monde*, p. 308.

(28) Pág. 150.—Plinio, l. II. c. 68. Séneca. *Natur. Quæst. Præf*, c. 2 «*El mundo es poco*» decia Cristobal Colon en una carta que escribió desde Jamáica á la reina Isabel, el 7 de julio de 1503, á fin de hacerla comprender que el camino de España no podia ser largo cuando se buscaba el «Oriente partiendo de Occidente». Cf. mi *Exámen critique de l'hist, de la*

Geogr. au XV^{e} siecle, t. I. p. 83: y t. II p. 327. Delisle, Fréret y Gosselin han sostenido que las contradicciones de los Griegos á cerca de las dimensiones de nuestro globo eran solo aparentes, y podian desvanecerse, teniendo en cuenta la diferencia de las estadias tomadas por unidades de medida; yo he demostrado en las dos partes citadas mas arriba, que esta opinion habia sido emitida ya en 1295 por Jaime Ferrer, en una proposicion hecha por él para fijar la línea de demarcacion papal.

(29) Pág. 150.—Brewster. *Life of sir Isaac Newton*, 1831, p. 162: «The discovery of the spheroidal form of Jupiter by Cassini had probably directed the attention of Newton to the determination of its cause, and consequently to the true figure of the Earth.» La primera publicacion de Cassini acerca del aplanamiento de Júpiter (habíalo fijado en $^{1}/_{15}$) data de 1691 (*Anciens Mèmoires de l'Acad. des Sciences*, t. II, p. 108). Pero Lalande advierte (*Astron.*, 3.ª edic., t. III, p. 335) que Maraldi poseia algunas hojas impresas de una obra latina de Cassini, «sobre las manchas de los planetas,» que prueban que Cassini conocia el aplanamiento de Júpiter con anterioridad al 1666, es decir, veintiun años antes de la aparicion de los *Principia* de Newton.

(30) Pág. 151.—Segun las investigaciones hechas por Bessel, sobre diez medidas de grado, en las cuales tuvo en cuenta el error que descubrió Puissant en el cálculo de la medida francesa de grado (Schumacher's *Astron. Nachr.*, 1841, n.º 438, p. 116), el semi-eje mayor del elipsoide de revolucion que se aproxima mas á la figura irregular del esferoide terrestre, es de 3272077,'14 (6377398,^{m}1); el semi-eje menor es de 3261139,'33 (6356079,^{m}9); el aplanamiento es de $^{1}/_{299,152}$. La longitud del grado medio de un meridiano es 57013',109 (111120,^{m}64), con un error de + 2,'84 03 (5,^{m} 536); asi, pues, una milla geográfica equivale á 3807,'23 (7420,^{m}43). Los resultados obtenidos anteriormente por otros autores, combinando las mismas medidas de grado, dan para el aplanamiento cantidades que oscilan entre $^{1}/_{302}$ y $^{1}/_{297}$. Walbeck, por ejemplo, *De forma et magnitudine Telluris in demensis arcubus meridianis definiendis*, 1819, encontró $^{1}/_{302,78}$; y Ed, Schmidt, en 1829, dedujo $^{1}/_{287,49}$, de siete medidas de grado (*Cours. de mathem. et de geogr. phys.*, p. v.). Acerca de la influencia que grandes diferencias de longitud ejercen sobre el aplanamiento polar, véase la *Bibliothéque universelle*, t. XXXIII, p. 181, y t. XXXV, p. 56; véase tambien la *Conaissance des temps*, 1829, p. 290. Laplace dedujo tan solo de las desigualdades lunares el valor del aplanamiento, que fijó en $^{1}/_{304,5}$, segun las antiguas Tablas de Bürg; y más tarde en $^{1}/_{299,2}$ segun las observaciones de la Luna discutidas por Burckhardt y Bouvard (*Mecanique celeste*, t. V. p. 13 y 43).

(31) Pág. 151.—Hé aquí los valores del aplanamiento que se han deducido de las oscilaciones del péndulo: resultado general de la gran espedicion de Sabine (1822 y 1823 desde el Ecuador hasta 80° de latitud Norte) $^1/_{288,7}$; segun Freycinet, escluyendo las series de la Isla de Francia, de Guam y de Mowi (Maoui), $^1/_{286,2}$; segun Forster, $^1/_{289,5}$; segun Duperrey, $^1/_{266}$; segun Lütke (*Partie nautique*, 1836, p. 232), $^1/_{269}$, en once apostaderos. Las observaciones hechas entre Formentera y Dunkerque (*Conaiss. des temps*, 1816, p. 330), han dado $^1/_{298,2}$; segun Mathieu. entre Formentera y la isla de Unst, $^1/_{304}$, segun Biot. Cf. Baily, *Report on Pendulum experiments*, en las *Memoirs of the royal Astron. Society*, t. VII, p. 96; Borenius, en el *Bulletin de l'Acad. de Saint Petersbourg*, 1843, t. I, p. 25. El primero que propuso emplear la longitud del péndulo de segundos como base de un sistema de medida, y tomar el tercio de esta longitud que se supone constante en toda la tierra, por *pes horarius*; unidad de medida cuyo valor podian encontrar siempre todos los pueblos, fue Huygens en su *Horologium oscilatorium*, 1673, prop. 25. Este mismo deseo se encuentra reproducido en un monumento erigido solemnemente en el Ecuador por Bouguer, la Condamine y Godin. Léese en la hermosa mesa de mármol que he encontrado intacta en el antiguo colegio de Jesuitas de Quito, «Penduli simplicis æquinoxialis unius minuti secundi archetypus, mensuræ naturalis exemplar, utinam universalis.» Segun lo que dice La Condamine en su *Journal de Voyage á l'equateur*, 1751, p. 153, acerca de ciertas lagunas de la inscripcion, y sobre sus diferencias con Bouguer con motivo de algunos números, esperaba yo encontrar notables discordancias entre la mesa de mármol y la inscripcion publicada en París. Hechas todas las comparaciones, no he podido hallar mas que dos diferencias poco importantes, á saber: *ex arcu graduum*, 3 $^1/_2$, en vez de *ex arcu graduum plus quam trium;* y la fecha de 1745, en vez de la de 1742; fecha bien singular la primera, porque La Condamine y Bouguer volvieron á Europa en 1744, el uno en el mes de noviembre, y el otro en el de junio; y el mismo Godin habia ya abandonádo la América en julio de 1744. La correccion mas importante y útil que pudo hacerse á los números citados en la inscripcion, habria sido la de la longitud astronómica de la ciudad de Quito (Humboldt, *Recueil d'Observ. astron.* t. II, p. 319-354). Las latitudes, inscritas por Nouet en los monumentos egipcios, dan un nuevo ejemplo del peligro que se corre al conceder con mucha ligereza una especie de solemne perpetuidad á resultados falsos ó mal calculados.

(32) Pág. 152.—Acerca del crecimiento de la pesantez que se ha observado en las islas volcánicas (Santa Elena, Oualan, Fernando de Noronha, Isla de Francia, Guaham, Mowi, é islas Galapagos) escepto la isla de Rawak que difiere de esta regla, quizás á causa de su proximidad á las

tierras altas de la Nueva-Guinea (Lütke, p. 240), véase Mathieu, en la *Hist. de l'Astron. au XVIII.e siècle*, por Delambre. p. 701.

(33) Pág. 152.—Numerosas observaciones han probado, que existen, en medio de los mismos continentes, atracciones locales que se anuncian por grandes irregularidades en la longitud del péndulo (Delambre, *Mesure de la meridienne*, t. III, p. 548; Biot, en las *Mèm. de l'Acad. des Sciences*, t. VIII, 1829, p. 18 y 23). Cuando se atraviesa del Oeste al Este, el Mediodia de la Francia y la Lombardía, se encuentra en Burdeos la menor intensidad de la pesantez; luego crece rápidamente en Figeac, en Clermont-Ferrand y en Milan, hasta Padua, donde llega á su maximum. La inflnencia de la vertiente meridional de los Alpes en estas variaciones, no debe atribuirse unicamente á la gran masa de esta cadena; pertenece especialmente á las rocas de melafiro y serpentina que han verificado su levantamiento: esta opinion se debe á Elías de Beaumont en sus *Rech. sur les Revol. de la surface du globe*, 1830, p. 729. Lo mismo puede decirse de las vertientes del Ararat, que está con el Cáucaso casi en el centro de gravedad del antiguo continente (Europa, Asia y Africa); las notables observaciones del péndulo que Fedorow ha hecho en este punto, lejos de comprobar la existencia de cavidades subterráneas, autorizan por el contrario, para suponer la de masas volcánicas de gran densidad. (Parrot, *Voyage au mont Ararat*, t. II, p. 143). Hállanse en las operaciones geodésicas de Carlini y Plana, en Lombardia, diferencias de 20'' á 47'',8 entre las latitudes astronómicas y las latitudes dedudidas de estas operaciones (vénse, por ejemplo, Andrate y Mondovi, Milán y Pádua, en las *Opérations géodès. et astron. pour la mesure d'un arc du parallèle moyen*, t. II, p. 347; *Effemeridi astron. di Milano*, 1842, p. 57). Si se calcula la latitud de Milán por la de Berna por medio de la triangulacion francesa, resultan 45° 27' 52'' para dicha latitud, mientras que las observaciones astronómicas han dado 45° 27' y 35''. Como las perturbaciones se estienden èn las llanuras de la Lombardía hasta Parma, muy al Sud del Pó (Plana, *Opèrat. géodès.*, t. II, p. 847), puede creerse que la desviacion que esperimenta la plomada dependa de la naturaleza del suelo mismo de la llanura. Efectos semejantes ha probado Struve en los llanos mas unidos de la Europa oriental (Schumacher's *Astron. Nachr*, 1830, número 164, p. 399). En cuanto á la influencia de las masas pesadas que se suponen á una profundidad igual á la altura media de la cadena de los Alpes, véanse las espresiones analíticas que Hossard y Rozet han insertado en las *Comptes rendus*, t XVIII, 1844, p. 392; y Cf. con Poisson, *Traité de Mecanique* (2.ª ed.), t. I, p. 482. La primera indicacion de la influencia que las rocas de diferente naturaleza pueden ejercer en las oscilaciones de un péndulo, ha sido dada por Thomas Young en las *Philos. trancsact. for*, 1819, p. 70-96. Pero cuando se trata de deducir de las ob-

servaciones del péndulo alguna conclusion acerca de la curvatura de la tierra, es preciso no perder de vista que la consolidacion de la costra terrestre puede haber sido anterior á la erupcion de las masas basálticas y metalíferas.

(34) Pág. 152.—Laplace, *Exp. du Syst, du Monde*, p. 231.

(35) Pág. 153.—Las observaciones del péndulo hechas por la Caille, en el cabo de Buena-Esperanza, y calculadas con el mayor cuidado por Mathieu (Delambre *Hist. de l'astron. au XVIII. siecle* p. 479), dan un aplanamiento de $^1/_{284,4}$; pero de cualquier manera que se conbinen las observaciones hechas bajo las mismas latitudes en ambos hemisferios, no hay razon alguna para creer que el aplanamiento del austral sea mayor que el del boreal (Biot, en las *Mem. de l'Acad. des sciences*, t. VIII, 1829, p. 39-41.)

(36) Pág. 153.—Los tres métodos de observacion dan los resultados siguientes; 1.° por la desviacion de la plomada cerca del monte Shehallien (en galo *Tichallin*) en el Perthshire, método propuesto antiguamente por Newton, y ejecutado en 1774-1776 y en 1810 por Maskelyne, Hutton, y Playfair: 4713; 2.° por las oscilaciones del péndulo, observado sobre el vértice de una montaña y en la llanura: 4837 (observaciones de Carlini sobre el Monte Cenis, comparadas con las de Biot en Burdeos, *Effemer. astr. di Milano*, 1824, p. 184); 3.° por la balanza de torsion, con el auxilio de un aparato imaginado primitivamente por Mitchell: 5,48 segun Cavendish; (5,32, segun la revision que hizo Hutton de los cálculos; y 5,52, segun nueva revision de Eduardo Schmidt; *Lehrbucb der mathem. Geogr.* t. I, p. 487); Reich encontró por la balanza de torsion, 5,44. En el cálculo de estas últimas investigaciones, verdadera obra maestra de exactitud, el profesor Reich obtuvo primero por termino medio, 5,43 (con un error probable de 0,0233 unicamente); pero teniendo en cuenta lo que la fuerza centrífuga hace disminuir la intensidad de la pesantez en la latitud de Freiberg (59° 55'), obtíenese de finitivamente 5,44. La sustitucion del hierro fundido al plomo no produce diferencia alguna que no pueda atribuirse justamente á levísimos errores de observacion; no se ha manifestado señal alguna de accion magnética (Reich, *Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde*, 1838. p. 60, 62 y 66.)

La densidad media de la tierra que se dedujo primeramente de las observaciones hechas en el vértice y al pie de las montañas, tiene de menos casi $^1/_6$: 4,761 (Laplace, *Mecan. céleste*, t. V. p. 46) ó 4,785 (Ed. Schmidt, *Cours de Geograph. mattem.* t. I. § 387 y 418.) Esta diferencia se esplica por haber asignado en los cálculos al aplanamiento un valor menor del real, y por la dificutad de determinar con exactitud la densidad de

las rocas de la superficie. Sobre la hipóteses de Halley (citada en la página 155 del testo) que consideraba la tierra como una esfera hueca (origen de las ideas de Franklin á cerca de los temblores de tierra), véanse las *Philos. Transact.* for theyear. 1693 t. XVII p. 563. (On the structure of the internal parts of the Earth and the concave habitated arch of thé shell). Halley piensa que es mas digno del Creador «que el globo terrestre esté habitado en el interior y en el esterior como una casa de muchos pisos, sin que sea obstáculo la falta de luz interior, pues debe haber provisto de algun modo á esta necesidad. (pág. 576)»

(37) Pág. 156.—Esta cuestion ha sido objeto de los bellos trabajos analíticos de Fourier, Biot, Laplace, Duhamel y Lamé. En la *Théorie mathematique de la Chaleur*. 1835, p. 3,428-430, 436 y 521-524 (véase tambien el estracto hecho por de La-Rive en la *Bibliothèque univers. de Genéve.* t. LX. p. 415). Poisson ha desarrolado una hipótesis completamente opuesta á las miras de Fourier (*Theorie analytique de la Chaleur*); niega que el nucleo de la Tierra este actualmente en estado líquido, y segun él, «cuando la tierra se ha enfriado irradiando hácia el medio concentrante, las partes de la superficie que se han solidificado primero, se han precipitado al punto hácia el centro, y una doble corriente ascendente y descendente ha disminuido asi, la gran desigualdad que hubiera tenido lugar en un cuerpo sólido, cuyo enfriamiento se verifica á partir de la superficie.» El gran geómetra admite que la solidificacion ha comenzado por las partes mas aproximadas al centro; «que el fenómeno del calor que crece con la profundidad no se estiende á la masa total del globo, y que es una simple consecuencia de nuestro sistema planetario en el espacio celeste, cuyas diversas partes poseen, en virtud del calor estelar, temperaturas muy diferentes.» El calor de las aguas de nuestros pozos artesianos no seria, por consiguiente, segun Poisson, sino un calor estraño que hubiese penetrado del esterior al interior del globo terrestre: «podria este compararse á un pedazo de roca que se transportara del ecuador á los polos, con la rapidez bastante para que no tuviese tiempo de enfriarse por completo; el crecimiento de temperatura no llegaria en un pedrusco semejante sino hasta las capas próximas al centro.» Puede leerse en los *Annalen der Phisik und Chemie* de Poggendorff, t. XXXIX, p. 93-100, las justas objecciones que ha levantado esta singular teoría cosmogónica, que atribuye á los espacios celestes un fenómeno que se esplica mejor por el paso de la materia primitivamente gaseosa al estado actual de solidificacion.

(38) Pág. 157.—El aumento de calor indicado por el pozo de Grenelle, en Paris, es de 1° por cada 32 m.; el que señala el pozo artesiano de Neu-Salzwerk, cerca de Minden, en Prusia, de 1° por cada 29,m6; exactamente

como el pozo artesiano de Pregny, cerca de Ginebra, no obstante que su orificio está situado á 490 m. sobre el nivel del mar, segun Augusto de la Rive y Marcet. Este método fue propuesto por vez primera en 1821 por Arago (*Annuaire du Bureau des longitudes*, 1835, p. 234); acabamos de ver cuán admirablemente concuerdan los resultados obtenidos en tres pozos artesianos, cuyas profundidades son respectivamente 547, 680 y 221 metros. Si hay dos puntos en la tierra, colocados á corta distancia uno debajo de otro, cuyas temperaturas medias anuales sean conocidas perfectamente, estos dos puntos se hallan en el Observatorio de París, donde la temperatura media del aire esterior es de 10°,822, y de 11°,834 la de los sótanos, resultando una diferencia de 1,°012 por cada 28 m. de profundidad. (Poisson. *Théorie mathem. de la Chaleur*, p. 415 y 462). Pa rece que en el transcurso de los últimos diez y siete años, ciertas causas cuya naturaleza no se conoce aun perfectamente, hacen subir 0°,220, no la temperatura de los sótanos del Observatorio, sino las indicaciones del termómetro que hay fijado en ellos. Si los pozos artesianos presentan probabilidades de perturbacion en su temperatura propia á poco que las aguas estrañas se introduzcan en ellos por las grietas laterales, las observaciones hechas en las minas están espuestas á muchos errores, merced á las corrientes de aire frio que allí circulan sin cesar. Las numerosas investigaciones de Reich acerca de la temperatura de los pozos de las minas de Sajonia, dan un aumento algo menor de calorico, pues es solo de 1° por cada 41,m84. (*Observations sur la température des couches á diverses profondeurs*, 1834, p. 134). Sin embargo, Philips ha hallado (Poggend, *Annalen*, t. XXXIV, p. 191) en un pozo de la mina carbonífera de Monk-Wearmouth, en Newcastle, cuya profundidad es de 456 metros bajo el nivel del mar, un aumento de calor de 1° por cada 30, m. 4, resultado casi idéntico al que Arago y Walferdin obtuvieron en el pozo de Grenelle referido.

(39) Pág. 158.—Boussingault, *Sur la profondeur á laquelle se trouve la couche de température invariable, entre lés tropiques*, en los *Annales de Chimie et de Physique*. t. LIII, 1833, p. 225-247.

(40) Pág. 159.—Laplace, *Exp. du Syst. du Monde*, p. 229 y 263; *Mécanique céleste*, t. V, p. 18 y 72. Es de notar que la fraccion de $^1/_{270}$ de grado centesimal del termómetro de mercurio, con la cual se designa en el testo el límite de la estabilidad de la temperatura terrestre desde el tiempo de Hiparco, supone que la dilatacion de las materias de que se compone el globo terrestre, es igual á la del vidrio, ó á $^1/_{100{,}000}$ por cada grado del termómetro. Véanse las notas de Arago acerca de esta hipótesis en el *Annuaire* para 1834, p. 177-190.

(41) Pág. 160.—William Gilbert, de Colchester, á quien llamaba

Galileo «grande hasta escitar envidia,» decia ya: «Magnus magnes ipse est globus terrestris.» Ridiculizando las montañas de iman que Fracastor, ilustre contemporáneo de Cristóbal Colon, colocaba en los polos, añade: «Rejicienda est vulgaris opinio de montibus magneticis, aut rupe alicua magnetica, aut polo phantástico á polo mundi distante.» Admite que la declinacion de la aguja imantada es invariable sobre toda la tierra *(variatio unius cujusque loci constans est)*, y esplica las curvaturas de las líneas isogónicas por la configuracion de los continentes y la situacion del fondo de los mares, cuya accion magnética es menor que la de las masas sólidas que se levantan sobre el nivel del Océano. (Gilbert, *de Magnete*, ed. de 1633, p. 42, 98, 152 y 155.)

(42) Pág. 160.—Gauss. *Allgemeine Theorie des Erd-magnetismus*, en *Resultate aus den Beob. des magnet. Vereins, im Jahr*, 1838, § 41, p. 56.

(43) Pág. 161.—Existen otras causas perturbadoras aun mas locales, que tienen su asiento quizás á menos profundidad, y cuyos efectos no se estienden á largas distancias.—Yo hice conocer há tiempo un ejemplo muy raro de estas perturbaciones escepcionales, sentidas en las minas de Sajonia y no en Berlin. *(Lettre de M. de Humboldt à S. A. R. le duc. de Sussex, sur les moyens propres à perfectionner la connaissance du magnetisme terrestre*, en el *Traité expérimental de l'electricité de* Becquerel, t. VII, p. 442.) Hanse manifestado ciertas tempestades magnéticas simultáneamente desde Sicilia á Upsala, sin propagarse de Upsala á Alten. (Gauss. y Weber. *Resultate des magnet. Vereins*. 1839, p. 128; Lloyd, en las *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, t. XIII, 1843. p. 725 y 827). Entre los numerosos y recientes ejemplos de estas perturbaciones que Sabine ha reunido en su importante obra *(Observ. on days of unusual magnetic disturbance*, 1843), uno de los mas notables es el del dia 25 de setiembre de 1841: la perturbacion se hizo sentir en Toronto, en el Canadá, en el cabo de Buena-Esperanza, en Praga y en parte, por lo menos, de la Tierra de Van-Diémen. Los ingleses dan tanta importancia á la solemnidad del domingo, que creerian cometer un pecado si consintiesen en leer una escala gradual despues de las doce de la noche del sábado, aunque se tratase de los fenómenos mas maravillosos de la Creacion. Ahora bien; como la tempestad magnética de que nos ocupamos acaeció precisamente en la sierra Van-Diémen, en domingo, á causa de la diferencia de longitud, la observacion no fue completa. *(Observ.* p. XIV, 78, 85 y 87).

(44) Pág. 161.—En el *Journal de Phisyque* de Lamétherie, 1804, t. LIX, p. 449, he mostrado cómo puede determinarse la latitud por medio de la inclinacion de la aguja imantada en una costa dirigida siempre de Norte á Sud, que como las de Chile y el Perú; estén constantemente en-

vueltas por la niebla (*garua*) una parte del año. Esta aplicacion es de gran utilidad en aquella localidad por la corriente violenta; que vá del Sud al Norte hasta cabo Pariña, la cual haria que un navegante perdiese mucho tiempo, si por no conocer bien su latitud se dirigiese á la costa norte del puerto donde quisiera detenerse. Desde el Callao de Lima hasta Trujillo, en el mar del Sud, es decir, en una diferencia de latitud de 3°,57', he encontrado 9° (division centesimal) de variacion en la inclinacion de la aguja imantada; desde el Callao á Guayaquil por 9°,50' de diferencia de latitud, 33°,05 de diferencia en la inclinacion magnética (véase mi *Relation historique*, t. III, p. 622). En Guarmey (10°,4' lat. Sud), en Huaura (lat. 11°,3'), y en Chancay (11°,22') las inclinaciones son respectivamente, 6°,80; 9°,00; y 10°35 de la division centesimal. Este método para determinar la latitud por medio de la brújula de inclinacion, es, pues, perfectamente aplicable cuando el buque camina cortando casi en ángulo recto las líneas isoclínicas, y tiene, sobre los demás métodos, la notable ventaja de no exigir la determinacion de la hora, ni por consiguiente la observacion del Sol y restantes astros. He descubierto *muy recientemente* que á fines del siglo XVI, veinte años despues de la invencion del *Inclinatorium* por Roberto Norman, William Gilbert propuso en su grande obra de *Magnete*, determinar la latitud por medio de la aguja imantada, cuando el cielo está nebuloso «aere caliginoso.» (*Phisiologia nova de Magnete*, l. V., c. VIII, p. 200). Edward Wright dice en el prefacio colocado al frente de la obra de su maestro, que proposicion semejante «vale mucho oro.» Pero como creia con Gilbert, que las líneas isoclínicas coincidian con los paralelos de la esfera, así como el Ecuador magnético con el Ecuador geográfico, no observó que este método no puede emplearse en todas partes, sinó únicamente en ciertas localides.

(45) Pág. 162.—Gauss y Weber. *Resultate des magnet. Vereins*, 1838. § 31, p. 46.

(46) Pág. 162.—Segun Faraday (*London and Edinburgh Philosophical Magazine*, 1836, t. VIII, p. 178), el cobalto puro no posee propiedad magnética alguna. Verdad es, que otros químicos célebres (Enrique Rose y Wæhler) no miran los esperimentos de Faraday como completamente decisivos. Sin embargo, si de dos pedazos de cobalto purificados cuidadosamente, y al parecer exentos de nikel, uno permaneciese indiferente al magnetismo (hablo del magnetismo *en reposo*), en tanto que presentase el otro algunas propiedades magnéticas, habria razon para suponer que el segundo no se hallaba bien purificado; por consiguiente me inclino á la opinion de Faraday.

(47) Pág. 162.—Arago, en los *Annales de Chimie*, t. XXX, p. 214;

Brewster, *Treatise of Magnetism*, 1837, p. 111; Baumgartner en la *Zeistchrift für Phis, und Mathem*, t. II, p. 419.

(48) Pág. 163.—Humboldt, *Examen critique de l' hist. de la Geographie*, t. III, p. 36.

(49) Pág. 163.—*Asie centrale*, t. I. Introduccion, p. XXXVII—XLII. Los pueblos occidentales, ó sea los griegos y los romanos, sabian que pueden comunicarse al hierro propiedades magnéticas *permanentes*: «Sola hæc materia ferri vires a magnete lapide accipit *retinetque longo tempore.*» (Plinio, l. XXXIV, c. XIV.) Habríase podido descubrir, por consiguiente en el *Occidente*, la fuerza directriz del globo, de ocurrirse á alguno el suspender de un hilo, ó hacer flotar en el agua, sobre un pedazo de madera, un buen fragmento de imán, ó un barrote de hierro imantado, y observado luego sus movimientos libres.

(50) Pág. 163.—Los lugares en que la declinacion magnética es invariable, ó no esperimenta sinó lentas variaciones seculares, son los únicos en que pueden fijarse las líneas de demarcacion por medio de la brújula, sin tener en cuenta las correeciones de la declinacion de la aguja, y sin esponerse al peligro de ver cambiada, á la larga, por la accion magnética del globo, la superficie legalmente comprobada de las propiedades. «The whole mass of West-India property, dice sir John Herschell, had been saved from the bottomless pit of endless litigation, by the invariability of the magnetic declination in Jamaica and the surrounding archipelago, during the whole of the last century, all surveys of property there having been conducted solely by the compass.» Véase Robertson en las *Philos. Transact. for.* 1806, 2.ª parte, p. 248. *On the permanency of the compass in Jamaica since* 1660. En la madre patria (Inglaterra), la declinacion ha variado 14° en el mismo espacio de tiempo.

(51) Pág. 164.—En otra parte he demostrado que los documentos que nos son conocidos acerca de los viajes de Cristobal Colon, pueden servir para fijar la posicion exacta de tres puntos de la *línea atlántica sin declinacion*, en los dias 13 de setiembre de 1492, 21 de mayo de 1496 y 16 de agosto de 1498. La lınea atlántica sin declinacion se dirigia entonces del Nordeste al Sud-oeste y tocaba al continente meridional de América hácia el Este del cabo Codera, en tanto que hoy le toca al Norte del Brasil (Humboldt, *Examen critique de l' hist. de la Geogr.*, t. III, p. 44-48). Se ve claramente por la *Physiologia nova de Magnete* de Gilbert. (I. IV, cap. I) que en 1660 la declinacion era nula junto á las islas Azores, como en tiempo de Colon. Creo haber probado con documentos ciertos en mi *Examen critique*

(t. III, p. 54), que si la famosa línea de demarcacion establecida por el papa Alejandro VI para dividir el hemisferio occidental entre Portugal y España, no se trazó por lo mas occidental de las Azores, fue porque Colon deseaba hacer de una division *natural* una division *política*. Colon dió siempre una importancia estremada á la zona (*raya*) «en que la brújula no sufre alteracion; en que el aire y el mar, cubierto de yerbas marinas, van presentando una nueva constitucion, y en que las frescas brisas empiezan ya á dejarse sentir, y la curvatura de la tierra comienza á cambiar.» (este último punto parecia deducirse de algunas observaciones de la estrella polar, y cuya falsedad seria supérfluo detenerse á demostrar.

52) Pág. 164.—Una de las cuestiones cuya solucion importa mas á la teoría física del magnetismo terrestre, es la de saber si los dos sistemas ovalados de líneas isogónicas deben conservar su forma singular durante todo este siglo, ó si al cabo se disolverán desarrollándose. En el nudo del Asia oriental la declinacion aumenta de fuera hácia dentro; lo contrario sucede en el nudo ó el óvalo del mar del Sud, donde ni aun hoy conocemos al Este del meridiano de Kamschatka ninguna línea de declinacion que esté bajo de 2° (Erman, en los *Annalen* de Poggend, t XXI, p. 129.) Sin embargo, Cornelio Schouten encontró en 1616, el dia de Pascua, que la declinacion era nula á los 15° de latitud meridional, y 132° de longitud occidental, es decir, hácia el sud-oeste de Noukahiva. (Hansteen, *Magnetismus der Erde,* 1819, p. 28.) Es preciso no perder de vista que los cambios de las líneas no pueden seguirse sino en proyeccion sobre la superficie misma del globo.

(53) Pág. 165.—Arago, en el *Annuaire*; 1836, p. 284; y 1840, p. 330-338.

(54) Pág. 165.—Gauss, *Allgem. Theorie des Erd-magnetismus*, § 31.

(55) Pág. 165.—Duperrey, *De la configuration de l'équateur magnétique*, en los *Annales de Chimie*, t. XLV, p. 371 y 379. (Véase tambien Morlet, en las *Mémoires presentés par divers savants á l'Acad. roy. des Sciences*, t. III, p. 132.)

(56) Pág. 166.—Véase en la obra de Sabine (*Contributions to terrestrial Magnetism*, 1840, p. 139) el notable mapa de las líneas isoclínicas en el Océano Atlántico, relativo á los años 1825 y 1837.

(57) Pág. 167.—Humboldt, *Ueber die seculære Verænderung der magnetischen Inclination*, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XV, p. 322.

(58) Pág. 167.—Gauss, *Resultate der Beobacht. des magnet. Vereins*, 1838, § 21; Sabine, *Report on the variations of the magnetic Intensity*, p. 63.

(59) Pág. 167.—Hé aquí la esposicion histórica de los hechos relativos al descubrimiento de una ley importante para el magnetismo terrestre: la del crecimiento de las intensidades (en general), con las latitudes magnéticas. Cuando quise unirme en 1798 á la espedicion del capitan Baudin para un viaje de circumnavegacion, Borda se interesó vivamente en mi proyecto, y me pidió que hiciera oscilar una aguja vertical en el meridiano magnético bajo diferentes latitudes, y en uno y otro hemisferio, á fin de averiguar si la intensidad magnética varía, ó si es siempre la misma. Estas investigaciones fueron efectivamente uno de los objetos principales de mis aspiraciones cuando emprendí mi viaje á las regiones equinocciales de América. Llegué á comprobar por mis propias observaciones, que la misma aguja que en 10 minutos hace en París 245 oscilaciones, en la Habana hace 246; 242 en Méjico; 216 en San Cárlos del Rio-Negro (1°, 53' lat. N., 80° 40' long. O.); 211 solamente en el Perú sobre el ecuador magnético, es decir, sobre la línea donde la inclinacion es nula=0 (7° 1' lat. S., 80° 40' long. O.); y que esta misma aguja trasportada á Lima (12° 2' lat. S.), verifica 219 oscilaciones en igual espacio de tiempo. En los años de 1799 á 1803, he encontrado, pues, que representando por 1,0000 la fuerza total sobre el ecuador magnético. en la cadena de los Andes peruvianos, entre Micuipampa y Caxamarca, la fuerza total en París es de 1,3482; en Méjico de 1,3155; en San Cárlos del Rio-Negro de 1,0480; y en Lima de 1,0773. Cuando desarrollé en el Instituto, el 26 de frimario del año XIII, en una Memoria cuya parte matemática se debe á M. Biot, la ley de las variaciones de la intensidad de la fuerza magnética del globo, demostrando que se hallaba comprobada por los valores numéricos deducidos de las observaciones hechas por mí en 104 puntos diferentes, tanto la ley como los hechos parecieron completamente nuevos. Unicamente despues de la lectura de la Memoria fue cuando M. de Rossel comunicó á Biot seis observaciones anteriores, hechas desde 1791 á 1794, en la Tierra de Van-Diémen, en Java y en Amboino; circunstancia que consignó espresamente Biot en la Memoria indicada (Lamétherie, *Journal de Physique*, t. LIX, p. 446, nota 2), y yo mismo tambien en la *Relation histor.*, t. I, p. 262, nota 1. Las observaciones de M. de Rossel comprueban asimismo el decrecimiento de intensidad en el archipiélago Indio. Es de presumir que antes de la lectura de mi Memoria no habia reconocido este escelente hombre, en sus trabajos, la regularidad con que aumenta ó disminuye la intensidad, pues nunca habia hablado de esta ley tan importante á nuestros comunes amigos Laplace, Delambre, Prony y Biot. En 1808 solamente, es decir, cuatro años despues de mi vuelta de América, no aparecieron las ob-

servaciones de M. de Rossel, en el *Voyage d'Entrecasteaux*, t. II, p. 287, 291, 321, 480 y 644. En todas las *Tablas de intensidad magnética* que han aparecido, ya en Alemania (Hansteen, *Magnet. der Erde*, 1819, p. 71; Gauss, *Beobacht., des magnet. Vereins*, 1838, p. 36-39; Erman, *physik. Beobacht.*, 1841, p. 529-579), ya en Inglaterra (Sabine, *Report on magnet. Intensity*, 1838, p. 43-62; *Contributions to terrestrial Magnetism*, 1843), ya en Francia (Becquerel, *Traitè d'Electr. et de Magnet.*, t. VII, p. 354-367), se ha conservado la costumbre de reducir las oscilaciones observadas en cualquier parte de la superficie del globo á la medida de la fuerza hallada por mí sobre el ecuador magnético en el Perú septentrional; y tomando esta fuerza por unidad convencional, es como la intensidad magnética de París está bien espresada por 1,358. Pero hay otras observaciones anteriores, aun á las del almirante Rossel, hechas por Lamanon durante la desgracíada espedicion de Lapérouse, y dirigidas á la Academia de ciencias. Sábese positivamente (Becquerel, t. VII, p. 320) que estas observaciones, empezadas en la isla de Tenerife (1785) y continuadas hasta la llegada á Macao (1787), se hallaban ya en manos de Condorcet en julio de dicho año; pero hasta ahora han sido inútiles cuantas diligencias se han hecho para encontrarlas. El capitan Duperrey posee copia de una carta muy importante de Lamanon, dirigida al secretario perpétuo de la Academia, y olvidada al imprimir el Viaje de Lapérouse, en la que se dice espresamente «que la fuerza atractiva del iman es menor en los trópicos que avanzando hácia los polos, y que la intensidad magnética deducida del número de oscilaciones de la aguja de la brújula de inclinacion, cambia y aumenta con la latitud.» Si la Academia de Ciencias se hubiera creido autorizada á anticipar la vuelta, tan esperada entonces, del infortunado Lapérouse, y á publicar en 1787 una verdad que han tenido que descubrir despues dos viajeros completamente estraños el uno al otro, la teoría del magnetismo terrestre no habria esperado diez y ocho años el progreso que debia imprimirle el descubrimiento de una nueva clase de fenómenos. Esta sencilla esposicion de los hechos justificará sin duda el pasaje siguiente de mi *Relation historique*, t. III, p. 615: «Las observaciones acerca de las variaciones del magnetismo terrestre á que me he dedicado durante treinta y dos años, valiéndome de instrumentos comparables entre sí, en Europa, en América y en Asia, abrazan en ambos hemisferios, desde las fronteras de Dzungaria china, siguiendo hácia el Oeste, hasta el mar del Sud que baña las costas de Méjico y del Perú, un espacio de 188° de longitud, comprendido entre los 60 de latitud Norte y los 12 de latitud austral. He considerado la ley del decrecimiento de las fuerzas magnéticas, del polo al ecuador, como el resultado mas importante de mi viaje á América.» No es cierto, pero es muy probable, que Condorcet leyera la carta de Lamanon del mes de julio de 1787 en una sesion de la Academia de

ciencias, y estimo esta simple lectura como una *publicacion* perfectamente admisible (*Annuaire du bureau des Longitudes*, 1842, p. 463). Así el compañero de Lapérouse es incontestablemente el primero que ha reconocido la existencia de la ley; pero esta ley de la intensidad del magnetismo terrestre, variable con la latitud, ley tanto tiempo relegada á profundo olvido, no ha recibido, á mi juicio, una verdadera existencia científica, sino á partir de la época en que publiqué mis observaciones de 1798 á 1804. El objeto y proligidad de esta nota no sorprenderá á las personas que conozcan la reciente historia del magnetismo y las incertidumbres á que ha dado lugar en algunos espíritus; y me dispensarán que haya dado importancia al fruto de investigaciones penosas, frecuentemente arriesgadas, emprendidas con un noble fin y continuadas durante cinco años con energía, á pesar de la pesadez del clima de los trópicos.

(60) Pág. 168.—Las observaciones que han podido recogerse hasta el presente dan 2,052 como máximum de intensidad en la superficie total del globo terrestre, y 0,706 como minimum. El máximum y el minimum pertenecen al hemisferio austral; el primero ha sido observado en las cercanías del monte Crozier, al Oeste-nor-oeste del polo Sud magnético, á los 73° 47' de latitud meridional, y á los 169° 30' de longitud occidental, en un punto en que el capitan James Ross halló 87° 11' para la inclinacion de la aguja (Sabine, *Contributions to terrestrial Magnetism*, 1843, núm. 5, p. 231.) El minimum ha sido observado por Erman á los 19° 59' de latitud austral y 37° 24' de longitud occidental (80 millas al Este de la costa brasileña de la provincia Espíritu Santo) (Erman, *physik. Beobacht*., 1841, p. 570); en este punto, la inclinacion es solamente de 7° 55'. Así, pues, la relacion exacta de las intensidades es la de 1 á 2,906. Por largo tiempo se ha creido que la intensidad mayor no escedia en dos veces y media á la intensidad menor que se pudiese encontrar en la superficie de nuestro planeta (Sabine, *Report on magn. Intensity*, p. 82.)

(61) Pág. 169.—Plinio ha dicho acerca del ámbar (*Succinum glessum*) l. XXXVII, c. 3. «Genera ejus plura. Attritu digitorum accepta caloris anima trahunt in se paleas ac folia arida quæ levia sunt, ac ut magnes lapis ferri ramenta quoque.» (Véase Platon, *Timéo*, p. 80; Martin, *Études sur le Timée*, t. II, p. 343-346; Strabon, l. XV, p. 703, Casaub; Clemente de Alex. *Strom.*, l. II, p. 370, donde se encuentra una distincion singular entre τὸ σιύχιον y τὸ ἤλεκτρον). Cuando Tales, en Aristóteles, *de Anima*, l. I. c. 2, é Hippias, en Diog. Laert., l. I, § 24, atribuye un alma al iman y al ámbar, es evidente que la palabra *alma* designa simplemente aquí una fuerza ó causa de movimiento.

(62) Pág. 169.—«El iman atrae al hierro, como el ámbar á los granos mas pequeños de mostaza. Parece como si un soplo misterioso animase á estas dos materias y se comunicase con la rapidez de la flecha.» Así decia Kuopho, filósofo chino que escribió el elogio del iman á principios del siglo IV (Klaproth, *Lettre à M. A. de Humboldt, sur l'invention de la Boussole*, 1834, p. 125).

(63) Pág. 170.—«The phenomena of periodical varations depend manifestly on the action of solar heat, operating probably through the medium of thermoelectric currents induced on the earth's surface. Beyond this rude guess however, nothing is as yet known of the physical cause. It is even still a matter of speculation, whether the solar influence be a principal, or only a subordinate cause in the phenomena of terrestrial magnetism.» (*Observ. to be made in the Antarctic Exped.*, 1840, p. 35.)

(64) Pág. 170.—Barlow, en las *Philos. Transact. for*, 1822, t. I, p. 117; sir David Brewster, *Treatise on Magnetism*, p. 129. La influencia del calor en la disminucion de la fuerza directriz de la aguja imantada ha sido enseñada por la obra china *Ou-thsa-tsou*, mucho antes que por Gilbert y Hooke. (Klaproth, *Lettre à M. A. de Humboldt, sur l'invention de la Boussole*, p.96.)

(65) Pág. 171.—Véase la Memoria *on terrestrial Magnetism*, en la *Quart. Review*, 1840, t. LXVI, p. 271-312.

(66) Pág. 172.—Cuando propuse por primera vez fundar una red de observatorios, provistos de instrumentos semejantes, no tenia casi esperanza de vivir lo bastante para ver realizados mis deseos, como lo han sido en efecto, por los esfuerzos reunidos de varios astrónomos y físicos distinguidos, y sobre todo por la generosa y sostenida intervencion de dos grandes potencias, Rusia é Inglaterra. Hoy, gracias al concurso de tantos poderes y tantas lumbreras, ambos hemisferios están cubiertos de *observatorios magnéticos*. Yo formé el proyecto de observar sin interrupcion la marcha de la aguja imantada, durante cinco ó seis dias con sus noches, principalmente en la época de los solsticios y de los equinoccios, y efectivamente lo llevé á cabo en Berlin en 1806 y 1807, con mi amigo y colaborador M. Oltmanns, persuadido de que una série de observaciones continuadas sin interrupcion (*observatio perpetua*) durante muchos dias y muchas noches, seria mas provechosa que observaciones aisladas, hechas por espacio de muchos meses. El aparato empleado, el *anteojo magnético* de Prony, suspendido de una caja de cristales, por medio de un hilo de torsion permitia medir ángulos de siete ó de ocho segundos en una mira distante con divisiones menudas, que por la noche

iluminábamos con una lámpara. Ya en esta época las *perturbaciones* (tempestades magnéticas), que sucedian casi siempre á iguales horas durante muchas noches consecutivas me hacian desear vivamente, que aparatos semejantes fuesen observados simultáneamente al Oeste y al Este de Berlin, á fin de poder distinguir los fenómenos generales del magnetismo terrestre, de las perturbaciones locales que se producen, ya en la costra desigualmente caliente de nuestro globo, ya en la atmósfera donde se forman las nubes. Mi viaje á París y las revueltas políticas de aquella época, se opusieron entonces al cumplimiento de mis deseos. Pero en 1820 el gran descubrimiento de Œrsted vino á derramar una viva luz sobre la íntima conexion de la electricidad y del magnetismo, y á atraer, en fin, el interés general sobre las variaciones periódicas de la tension magnética del globo. Arago, que habia empezado algunos años antes en el observatorio de París, con la admirable brújula de declinacion de Gambey, la mayor série contínua de observaciones horarias de Europa; Arago, repito, enseñó por la comparacion de sus observaciones con las de Kasan, hechas á las mismas horas, y que habian acusado idénticas perturbaciones, toda la ventaja que podia sacarse de medidas correspondientes de declinacion. Cuando llegué á Berlin, despues de diez y ocho años de residencia en París, hice levantar un pequeño observatorio magnético durante el otoño de 1828, á fin de continuar el trabajo empezado en 1806, y con el objeto sobre todo de establecer un sistema de observaciones simultáneas hechas á horas convenidas en Berlin, en París y en las minas de Friberg (á 66 metros de profundidad). La simultaneidad de las perturbaciones y el paralelismo de los movimientos de la aguja durante los meses de octubre y de diciembre de 1829, fueron ya representadas gráficamente. (*Poggend. Annalen*, t. XIX, p. 357, tabl. I-III). Bien pronto la espedicion emprendida en 1819, por órden del Emperador de Rusia al Asia septentrional, me proporcionó ocasion de llevar á cabo mi plan en mas vasta escala. Este plan fué dessarrollado en el seno de una comision especialmente constituida á este objeto por la Academia imperial de San Petersburgo, en su consecuencia, bajo la proteccion del jefe del cuerpo de Minas, conde Cancrid, y bajo la sábia direccion del profesor Kupffer se establecieron estaciones magnéticas en toda el Asia septentrional, desde Licolajeff, Catharinenbourg, Barnaul, Nertchinsk, hasta Pekin. El año de 1832 figura en los anales de la ciencia como la época en que el ilustre fundador de una teoría general del magnetismo, Federico Gauss, empezó á establecer en el observatorio de Gœttingue aparatos construidos con arreglo á nuevos principios. El observatorio magnético fue acabado en 1834, y en el mismo año (*Resultate der Beobacht. des magnet. Vereins*, 1838, p. 135, y *Poggend. Annalen*, t, XXXIII, p. 426). Gauss, auxiliado activamente por el ingenioso físico G. Weber, hizo conocer sus instrumentos, y sus métodos de observacion difundiéndolos por Suecia,

Italia y gran parte de Alemania. Tal es el orígen de la union magnética de la cual Gœttingue es el centro. Desde 1836 esta union ha fijado cuatro épocas del año para las observaciones que deben continuarse durante veinte y cuatro horas; pero estas épocas no coinciden con las que yo habia adoptado (los equinoccios y los solsticios), y propuestas en 1830. Hasta entonces la Gran Bretaña en posesion de las mas vastas relaciones comerciales del mundo entero, y de la mas estendida navegacion, permaneció estraña á este gran movimiento científico, cuyos resultados hacian esperar desde 1828 tanto progreso en el estudio del magnetismo terrestre. Una invitacion pública que dirigí, desde Berlin en abril de 1836, al presidente de la sociedad real de Lóndres el duque de Sussex (*Lettre de M. de Humboldt á S. A. R. le duc de Sussex, sur les moyens propres á perfectionner la connaissance du magnétisme terrestre par l'établissement de stations magnétiques et d'observations correspondantes*) tuvo feliz éxito, alcanzando la dicha de conseguir un interés benévolo hácia una empresa cuya estension era, hacia muchos años, objeto de mis mas ardientes deseos. Yo insistia en dicha carta sobre el establecimiento de estaciones permanentes en el Canadá, en Santa Elena, en el cabo de Buena Esperanza, en la isla de Francia, en Ceylan y en la Nueva Holanda, puntos cuya importancia habia yo señalado cinco años antes. Un comité cuyas atribuciones debian estenderse á la física y á la meteorología fué nombrado del seno de la Sociedad real, y propuso al gobierno: 1.°, la fundacion de observatorios magnéticos fijos en ambos hemisferios; 2.°, una espedicion naval destinada á recoger observaciones magnéticas en los mares antárticos. Sabido es cuanto debe la ciencia á la grande y noble actividad que sir John Herschell, Sabine, Airy y Lloyd han desplegado en esta ocasion, asi como al poderoso apoyo de la *Association britannique pour l'avancement des Sciences*, reunida en Newcastle en 1838. En junio de 1839 la espedicion magnética hacia el polo austral fué resuelta y colocada bajo el mando del capitan James Clark Ross. Esta espedicion terminó gloriosamente, pues ha dotado á la ciencia de descubrimientos geográficos importantes en el polo austral, y de observaciones simultáneas en ocho ó diez estaciones magnéticas.

(67) Pág. 172.—En vez de atribuir el calórico interno de la Tierra al paso de la materia del estado de nebulosidad gaseosa al estado sólido, Ampère la esplica de un modo poco verosímil, en mi juicio, por la accion química prolongada de un núcleo compuesto de metales alcalinos, sobre la corteza oxidada del globo. «No cabe duda, dice en su obra maestra, la *Theorie des phénomenes èlectro-dynamiques* (1826, p. 199), de que existen en el interior del globo, corrientes electro-magnéticas, y que estas corrientes son la causa del calor que le es propio. Nacen de un núcleo metálico

central, compuesto de los metales que sir Humphry Davy nos ha hecho conocer, obrando sobre la capa oxidada que envuelve al núcleo.»

(68) Pag. 172.—La notable conexion que existe entre la curvatura de las líneas magnéticas y la de las isotermas ha sido descubierta por sir David Brewster. Véase *Transactions of the Royal society of Edinburgh*, t. IX, 1821, p. 318, y *Treatise on Magnetism*, 1837, p. 42, 44, 47 y 268. Este célebre físico admite la existencia de dos *polos de frio* (poles of máximum cold) en el hemisferio septentrional, uno en América á los 73° de latitud y 102 de longitud Oeste (cerca del cabo Walker); y el otro en Asia á los 73° de latitud y 78 de longitud Este. Habria de esta suerte dos meridianos donde reinaria el calor mas fuerte, y otros dos para el máximun de frio. Ya en el siglo XVI, Acosta decia que habia *cuatro líneas* sin declinacion, fundándose en las observaciones de un piloto portugués muy esperimentado (*Historia natural de las Indias*, 1589, I, 1, c, 17.) Esta opinion no parece estraña á la teoría de los cuatro polos magnéticos de Haley, á juzgar al menos, por la discusion de Henry-Bond (el autor de la *Longitude found*, 1676) con Beckborrow. Véase mi *Examen critique de l'hist. de la Geographie*, t. III, p. 60.

(69) Pág. 172.—Halley, en las *Philosophical Transactions for* 1714-1716 t. XXIX, n.° 341.

(70) Pág. 172.—Dove. en los *Poggend. Annalen*, t XX, p. 341; t. XIX, p. 338: «La aguja de declinacion obra como un electrómetro atmosférico, cuya divergencia indica igualmente la tension creciente de la electricidad antes que esta tension llegue á ser bastante fuerte para producir una chispa (relámpago.)» Véanse tambien las ingeniosas consideraciones del profesor Kæmtz, en su *Lehrbuch der Meteorologie*, t III, p. 511-519; si- David Brewster, *Treatise on Magnetism*, p. 280. Sobre las propiedades magnéticas de una llama ó de un arco luminoso galvánico producido por una batería de Bunsen, zinc y carbon, véase Casselmann's *Beobacht.* (Marbourg, 1841), p. 56-62.

(71) Pág. 173.—Argelander, en una memoria importante, *ueber das Nordlicht*, que unió á los *Vorträgen, gehalten in der physikaliseh-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg*, t. 1, 1834, p. 257-264.

(72) Pág. 174.—Los resultados de las observaciones que Lottin, Bravais y Siljerstrœm han hecho en la costa de Laponia en Bosekop (lat, 70°), donde vieron 160 auroras boreales en 210 noches, se encuentran en los *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. X, p. 289, y en la *Meteorologie* de

Martins, 1843, p. 453. Cf. Argelander, coleccion citada en la nota precedente, t. I, p. 259.

(73) Pág. 175.—John Franklin, *Narrative of a Journey tothe shores of the Polar Sea in the years* 1819-1822, p. 552 y 597; Thienemann, en el *Edinburgh Philos. Journal*, t. XX, p. 366. Farquharson, la misma coleccion, t. VI, p. 392; Wrangel, *Phys. Beobacht*, p. 59. Parry notó aun en pleno dia el arco de la aurora boreal sin agitacion alguna; véase *Journal of á second Voyage performed* èn 1821-1823, p. 156. Una observacion casi igual se hizo en Inglaterra el 9 de setiembre de 1827, distinguiéndose en pleno medio dia en una parte del cielo que acababa de iluminarse á seguida de una lluvia, un arco luminoso de 20° de altura, del cual se elevaban brillantes columnas; véase *Journal of the Royal Institution of Gr. Britain*, 1828 enero, p. 429.

(74) Pág. 176.—A mi regreso de América describí, bajo el nombre de *fajas polares*, cierta disposicion que afectan alguna vez pequeños copos de nubes regularmente separadas como por la accion de fuerzas repulsivas. Escogí este nombre porque ordinariamente el punto donde las fajas convergian en perspectiva sobre el cielo, coincidía con el polo magnético, de suerte que las líneas paralelas formadas por estas capas seguian el meridiano magnético del lugar. Este fenómeno enigmático presentaba otra particularidad: el punto de convergencia parecia elevarse y bajarse poco á poco; y otras veces se movia regularmente en una misma direccion. De ordinario esas fajas no se forman enteramente sino en una parte del cielo; al principio afectan la direccion de Norte á Sud; y despues, á medida que adelantan, la cambian poco á poco y acaban por tomar la del Este á Oeste. No creo posible esplicar los movimientos de las zonas por variaciones ocurridas en las corrientes de las regiones superiores de la atmósfera. Estas fajas se presentan cuando el cielo está perfectamente puro y sereno, y son mucho mas frecuentes en los trópicos que en las zonas frias ó templadas. He notado este fenómeno en la cadena de los Andes, casi bajo el Ecuador, á 4,550 m. de elevacion, asi como en Asia, en las llanuras de Krasnojaski, al Sud de Buchtarminsk; y siempre se ha desarrollado de un modo tan sorprendente que era imposible desconocer la accion de fuerzas naturales muy generales y estendidas. Véanse las importantes notas de Kæmtz (*Vorles über Meteorologie*, 1840, p. 146), y las reflexiones mas recientes de Martins y de Bravais (*Meteorologie*, 1843, p. 117). Arago ha observado en París el 23 de junio de 1844, fajas polares australes, formadas de nubes estremadamente lijeras y rayos *oscuros* que parecian salir de un arco dirijido del Este al Oeste. Hemos hablado antes de rayos *negros* semejantes á humo espeso que se ven en las auroras boreales.

(75) Pág. 176.—En las islas Shetland, la aurora boreal lleva el nombre de *the merry dancers*. Véase Kendal en el *Quarterly Journal of Science*, new series, t. IV, p. 395.

(76) Pág. 177.—Véase el escelente trabajo de Muncke en la nueva edicion de *Physik Wörterbuch* de Gehler, t. VII, 1.ª parte, p. 113-268 y en particular p. 158.

(77) Pág. 177.—Farquharson, en el *Edinb. Philos. Journal*, t. XVI, p. 504, *Philos. Transact.* for 1829, p. 113.

(78) Pág. 179.—Kæmtz, *Lehrbuch der Meteorologie*, t, III, p. 498 y 501·

(79) Pág. 181.—Arago, sobre las nieblas secas de 1783 y de 1831, que parecian luminosas durante la noche, en el *Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1832, p. 246 y 250; y sobre la luz singular emitida por ciertas nubes no tempestuosas. Véase *Notice sur le Tonnerre*, en el *Annuaire pour* 1838, p. 279-285.

(80) Pág· 183.—Herodoto, l. IV, c, 28. Los antiguos aseguraban que el Egipto no estaba sujeto á los temblores de tierra (Plinio, l. II, c. 80); pero esta asercion está contradicha por la necesidad que hubo de restaurar el coloso de Memnon (Letronne, *la Statue vocale de Memnon*, 1833, p. 25-26); al menos puede decirse, que el valle del Nilo está colocado fuera del círculo de sacudimiento de Byzancio, del Archipiélago y de la Siria. (Ideler, *ad Aristot. Meteor*. p. 485).

(81) Pág. 183.—Saint Martin, en las eruditas notas que ha reunido en la *Histoire du Bas-Empire*, de Lebeau, t. IX, p. 401.

(82) Pág. 183.—Humboldt, *Asie centrale*, t. II, p. 110-118. Sobre la diferencia entre el sacudimiento de la superficie y el de las capas inferiores, véase Gay-Lussac en los *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, p. 429.

(83) Pág. 184.—«Tutissimum est cum vibrat crispante ædificiorum crepitu; et cum intumescit assurgens alternoque motu residet, innoxium et cum concurrentia tecta contrario ictu arietant; quoniam alter motus alteri renititur. Undantis inclinatio et fluctus more quædam volutatio infesta est, aut cum in unam partem totus se motus impellit.» Plinio. l. II, c. 82.

(84) Pág, 185.—En la misma Italia empieza á reconocerse cuan poco dependen los temblores de tierra de los fenómenos metereológicos, y del aspecto del cielo antes de las sacudidas. Los datos numéricos de Federico

Hoffmann concuerdan perfectamente con las esperiencias del Abate Scina de Palermo; véanse las obras póstumas del primero, t. II, p. 366-375. Yo mismo he notado en diferentes veces que una niebla rogiza se veia poco tiempo antes de las sacudidas, en el momento en que se oia un fuerte trueno. (*Relat. hist.* l. IV, c. 10). Un físico de Turin, Vasalli Candi, ha visto fuertemente agitado el electro-metro de Volta durante los largos temblores de tierra que duraron en Pignerol, desde el 2 de abril al 17 de mayo de 1808 (*Journal de Phisique*, t. LXVII, p, 291). Pero las nieblas, las variaciones bruscas de la electricidad atmosférica y la calma del aire, no se refieren necesariamente á los temblores de tierra, é incurririamos en gran error si les atribuyésemos una general significacion, porque se ha observado por do quiera, en Quito, en el Perú, en Chile, y lo mismo en el Canadá que en Italia, que los temblores de tierra acaecen igualmente en un cielo sereno y completamente despejado de nubes, que reinando una brisa fresca de tierra ó de mar. Pero aun reconociendo que los temblores de tierra no van precedidos ni anunciados por ningun signo meteorológico, aun durante el dia en que deben hacerse sentir, conviene sin embargo no rechazar con desprecio ciertas creencias populares que atribuyen alguna influencia á las estaciones (los equinoccios de otoño y de primavera), á los principios de la estacion de las lluvias bajo los trópicos despues de una larga sequia, y por fin á la vuelta de los monzones; conviene no desdeñarlas fundándose en nuestra actual ignorancia acerca de las relaciones que pueden existir entre los fenómenos subterráneos y los meteorológicos. Investigaciones numéricas ejecutadas con estremado celo por M. de Hoff, Pedro Merian y Federico Hoffmann, con objeto de establecer el modo de distribucion de los temblores de tierra en las diferentes estaciones del año, están contestes en fijar el máximum hácia la época de los equinoccios. Es muy singular que Plinio haya llamado á los temblores de tierra *tempestad subterránea*, y es mas curioso aun el ver qué razones da en apoyo de su fantástica teoría. Para él, la semejanza no está solamente en el estrépito que acompaña generalmente este fenómeno formidable; lo que le sorprende sobre todo es, que las fuerzas elásticas, cuya tension creciente acaba por quebrantar el suelo, se reunen en las entrañas de la tierra, cuando faltan en la atmósfera. «Ventos in causa esse non dubium reor. Neque enim unquam intremiscunt terræ, nisi sopito mari cœloque adeo tranquillo, ut volatus avium non pendeant, subtracto omni spiritu qui vehit; nec unquam nisi post ventos conditos, scilicet in venas et cavernas ejus occulto afflatu. Neque aliud est in terra tremor quam in nube tonitruum; nec hiatus aliud quam cum fulmen erumpit, incluso spiritu luctante et ad libertatem exire nitente.» (Plinio, l. II, c. 79). Por lo demás, en Séneca (*Natur. Quæst*, l. II, c. 4-31), se encuentra el gérmen bastante desarrollado de todo lo que ha sido dicho ó imaginado hasta en estos últimos tiempos, acerca de las causas de los temblores de tierra.

(85) Pág. 185.—He demostrado en mi *Relat. hist.*, t. I, p. 311 y 513, que la marcha de las variaciones horarias del barómetro, no se interrumpe ni antes ni despues de un temblor de tierra.

(86) Pág. 186.—Humboldt. *Relat. hist.*, t. I, p. 515-517.

(87) Pág. 188.—Véase acerca de los *Bramidos* de Guanaxuato, mi *Essai polit. sur la Nouv. Espagne*, t. I, p. 303. A este estrépito subterráneo no acompañó ninguna sacudida en las minas profundas ni en la superficie; (la ciudad de Guanaxuato está situada á 1955 m. sobre el mar); no se oyó en el terreno vecino, sino únicamente en la parte montuosa de la Sierra, desde la Cuesta de los Aguilares, no lejos de Marfil, hasta el Norte de Santa Rosa. Las ondas sonoras no llegaron á ciertas regiones aisladas de la Sierra, colocadas á 4 ó 5 miriámetros al Nor-Oeste de Guanaxuato, cerca del manantial de agua caliente de San José de Comangillas. No es posible imaginarse el esceso de autoridad á que creyeron deber recurrir los magistrados de este gran centro de industria metalúrgica, cuando el terror causado por el *trueno subterráneo* llegó á su colmo. «Toda familia que huya será castigada con una multa de 1000 piastras si es rica, y con dos meses de prision si es pobre. La milicia tiene órden de perseguir y volver á traer á los fugitivos.» Lo que hay de mas curioso en esta historia singular, es la confianza afectada por la autoridad (*el Cabildo*): véase lo que he leido en una de las *Proclamas*: «La autoridad sabrá reconocer en su sabiduría, el momento del peligro inminente, y entonces pensará en la fuga. Por el momento basta con que continuen las procesiones.» Llegó el hambre; porque el miedo á los *truenos* impidió á los habitantes de las tierras altas proveer de granos á la ciudad. Los antiguos conocian tambien los ruidos subterráneos sin sacudidas. Véase Aristóteles, *Meteor*, t. II, p. 802: Plinio, t. II, c. 80. El ruido singular que se oyó desde Marzo de 1822 hasta setiembre de 1824 en la isla dalmática de Medela (á 3 miriámetros de Ragusa), ruido del cual ha dado esplicacion satisfactoria Partsch, va alguna vez acompañado de sacudidas.

(88) Pág. 190—Drake, *Nat. and Statist. View of Cincinati*, p. 232-238; Mitchell, en las *Transactions of the Litt. and Philos. Soc. of New-York*, t. I, p. 281-308. En el condado piamontés de Pignerol, vasos llenos de agua hasta los bordes permanecieron en movimiento durante horas enteras.

(89) Pág. 191.—Se dice en español; *rocas que hacen puente*. Estas interrupciones, verdaderamente locales, de los quebrantamientos trasmitidos por las capas *superieres*, tienen quizás alguna analogía con un fenómeno notable que se ha presentado á principios de este siglo en las mi-

nas de Sajonia: fuertes sacudidas se hicieron sentir con tanta violencia en las minas de plata de Mariemberg, que los obreros espantados se dieron prisa á subir; y sin embargo, sobre el suelo no se habia esperimentado sacudida alguna. Hé aquí ahora el fenómeno inverso: en noviembre de 1823, los mineros de Falem y de Persberg no esperimentaron sacudida alguna hasta el momento mismo en que sobre su cabeza un violento temblor llevaba el espanto á los habitantes de la superficie.

(90) Pág. 191.—Sir Alex, Burnes, *Travels into Bokhara*, t. I, p. 18; y Wathen, *Mem. on the Usbek State* en el *Journal of the Asiatic Soc. of Bengal*, t. III, p. 337.

(91) Pág. 192.—*Philos. Transact.*, t. XLIX, p. 414.

(92) Pág. 193.—Véase acerca de la frecuencia de los temblores de tierra en Cachemira, la traduccion del antiguo *Radjata rangini*, por Troyer, t. II, p. 297, y Cárlos de Hügel. *Reisen*, t. II, p. 184.

(93) Pág. 194.—Strabon, l. I, p. 100, Casaub. La prueba de que la espresion πηλοῦ διάπυρον ποταμόν, no significa lodo (erupcion de cieno) sino mas bien lava, resulta claramente de otro pasaje del mismo actor (Strabon, l. VI, p. 412). Cf. Walter. *Ueber Abnahme der vulkanischen Thaitigkist in historischen Zeiten* 1844, p. 25.

(94) Pág. 196.—Acerca de los pozos de fuego artesianos (*Ho-tsing*) en China, y acerca del empleo de gas trasportado con ayuda de tubos de bambú á la ciudad de Khioung-Tcheou, véase Klaproth en mi *Asie centrale* t. II, p. 519-530.

(95) Pág. 196.—Véase la escelente obra de Bischof *Wärmelehere des inneren Erdkorpers.*

(96) Pág. 196.—Boussingault (*Annales de chimie.*, t. LIII, p. 181), no ha notado ácido hidroclórico en las emisiones gascosas de los volcanes de Nueva Granada, en tanto que Monticelli lo ha encontrado en enormes cantidades en los productos de la erupcion del Vesubio en 1813.

(97) Pág. 196.—Humboldt, *Recueil d' Observ. astronomiques*. t. I. p. 311 *Nivellement barometrique de la Cordillére des Andes*, n.º 206).

(98) Pág. 197.—Adolfo Brongniart, en los *Annales de Sciences naturelles*. t. XV, p. 225.

(99) Pág. 197.—Bischof, obra citada p. 324. nota 2.

(100) Pág. 198.—Humboldt, *Asie centrale* t. I, p. 43.

(1) Pág 198.—Acerca de la teoría de las líneas isógetermas (*chthoni sothermes*) véanse los ingeniosos trabajos de Kupffer en los *Annalen* de Poggend, t. XV, p. 184, y t. XXXII, p. 270; en el *Voyage dans l' Oural*, p. 382-398; y en *l' Edinb. Journal of Sciencas* new series, t. IV, p. 355. Cf. Kæmtz *Lehrbuch der Meteorologie* t. II. p. 217; y acerca de la elevacion de las chthonisothermas en el país de las montañas, Bischof, p. 174-198.

(2) Pág. 198.—Leopoldo de Buch, en los *Annalen* de Poggend. t. XII. p. 405.

(3) Pág. 198.—La temperatura de las gotas de lluvia habia bajado á 22° 3, cuando la temperatura del aire era de 30 á 31° algunos momentos antes; durante la lluvia la temperatura atmosférica era de 23°. 4; véase mi *Relat. hist.* t. II, p. 22. La temperatura *inicial* de las gotas de lluvia depende de la altura de la capa nebulosa y del grado de calor que los rayos del sol han transmitido á la cara superior de esta capa; pero esta temperatura cambia durante la caida. Cuando las gotas de lluvia empiezan á formarse, su temperatura es superior á la del medio próximo, á causa del calórico latente que llega á ser libre; luego, al caer, atraviesan capas de aire mas bajas y mas calientes, donde crecen su temperatura y tambien su volúmen, por la condensacion del vapor de agua contenido en las capas; (Bischof *Wärmelehere des inn. Erdkörpers*, p. 73); pero este crecimiento de temperatura está compensado con la pérdida de calórico que entraña la evaporacion de las mismas gotas. Si se prescinde de la electricidad magnética, cuyos efectos se hacen probablemente sentir en las lluvias de tempestad, puede atribuirse el enfriamiento de la atmósfera durante la lluvia, primero á la temperatura inicial mas pequeña que han adquirido las gotas en las altas regiones, luego, al aire frio de las capas superiores que arrastran consigo; y por último, á la evaporacion que se establece sobre el suelo humedecido. Tal es, en efecto, la marcha ordinaria del fenómeno. Pero en ciertos casos raros las gotas de lluvia son mas calientes que el aire próximo al suelo (Humboldt, *Relat hist.*, t. III, p. 513), lo que dimana tal vez de la presencia de corrientes de aire caliente en las altas regiones ó de la temperatura elevada que la *insolacion* puede desarrollar en las capas de nubes muy estendidas y poco espesas. Añadiremos que Arago ha demostrado, en el *Annuaire* para 1836, p. 300, como se unen la magnitud y el crecimiento de volúmen de las gotas de lluvia, al fenómeno de los *arcos suplementarios* del arco iris, que se han esplicado por la interferencia de rayos luminosos; esta sabia discusion ha hecho

ver todo el partido que puede sacarse de un fenómeno óptico convenientemente observado, para esclarecer las cuestiones mas arduas de la meteorología.

(4) Pág. 199.—Segun las observaciones decisivas de Boussingault no puede dudarse de que la temperatura del suelo á corta profundidad es igual á la temperatura media de la atmósfera, bajo los trópicos. Me permitiré citar los ejemplos siguientes:

ESTACIONES en la zona tropical.	1 pié (0m,32) debajo de la superficie de la tierra.	Temperatura media de la atmósfera.	Alturas sobre el nivel del mar.
Guayaquil.	26°,0	25°,6	0
Anserma nuevo. . . .	23°,7	23°,8	1050 m.
Zupia.	21°,5	21°,5	1225
Popayan.	18°,2	18°,7	1807
Quito.	15°,5	15°,5	2915

La duda que mis propias observaciones en la caverna de Caripe (*Cueva del Guacharo*) han podido dar lugar respecto á este asunto (*Relat. hist.*, t. III, p. 191-196), desaparece ante la siguiente observacion. He comparado la temperatura media probable del aire del convento de Caripe (18°,5), no á la temperatura del aire en la caverna (18°,7) si no á la del arroyo subterráneo (16°,8); siempre habia yo reconocido (*Relat. hist.*, t. III, p. 146-194), que era muy posible que se mezclasen aguas procedentes de las altas montañas con las de la caverna.

(5) Pág. 200.—Boussingault, en los *Annales de chimie*, t. LII, p. 181. La temperatura de la fuente de Chaudes-Aigues, en Auvergnía, no pasa de 80°. Es tambien de notar que todas las fuentes situadas sobre las vertientes de ciertos volcanes aun activos (el Pasto, el Cotopaxi, el Tunguragua), no tienen una temperatura mayor de 36 á 54°, en tanto que las *Aguas calientes de las Trincheras* (al Sud de Porto-Cabello), salen de un granito dividido en hiladas regulares, con una temperatura de 97°.

(6) Pág. 201.—La Casotis (fuente de San Nicolás) y la fuente de Castalia (al pié de las Phedriadas) están descritas en Pausanias, l. X, c. 24, y l. X, c. 8; la del Pirene (*Acrocorinto*), en Strabon, p. 379; la fuente de Era-

sinos (sobre el chaon, al Sud de Argos), en Herodoto, l. VI, c. 67, y en Pausanias, l. II, c. 24; las termas de Edepso (en Eubea), cuya temperatura es para los unos de 31° y para los otros de 62 á 75°, en Strabon p. 60, 447, y en Ateneo, l. II, c. 3; las fuentes de las Termópilas, situadas al pié del Œta, y cuyo calor es de 65°, en Pausanias, l. X, c. 21. (Estracto de notas manuscritas del profesor Curtius, sábio compañero de viaje de Otfried Müller.)

(7) Pág. 201.—Plinio, l. II, c. 106; Séneca, *Epist*. 79, § 3 (ed. Ruhkopf); (Beaufort, *Survey of the Coast of Karamania*, 1820, art. Yanar, cerca de Deliktasch, la antigua Phaselis, p. 24), Cf. tambien Ctenias, *Fragm.*, c. 10, p. 250, ed. Bæhr; Strabon, l. XIV, p. 665, Casaub.

(8) Pág. 201.—Arago, en el *Annuaire* para 1835, p. 234.

(9) Pág. 201.—*Acta S. Patricii*, p. 555, ed. Ruinard, t. II, p. 385, Mazochi. Dureau de la Malle es el primero que ha indicado este paraje notable, en sus *Recherches sur la Topographie de Carthage*, 1835, p. 276. (Cf. Séneca, *Natur. Quæst.*, l. III, c. 24.)

(10) Pág. 203.—Humboldt, *Relat. hist.*, t. III, p. 562-567; *Asie centrale*, t. I, p. 43, t. II, p. 505-515; *Vues des cordillères*, lám. XLI. Sobre el Macalubi (del árabe *mak hlub* invertido; raiz *Khalaba*) y sobre «la tierra flúida que vomita la Tierra», véase Solinus, c. 5. «Idem ager Agrigentinus eructat limosas scaturigines, et ut venæ fontium sufficiunt rivis subministrandis, ita in hac Siciliæ parte, solo nunquam deficiente, æterna rejectatione terram terra evomit.»

(11) Pág. 205.—Véase el excelente mapita de la isla de Nysiros, en Ross. *Reisen auf den griechischen Inseln.*, t. II, 1843, p. 69.

(12) Pág. 205.—Vease Leopoldo de Buch, *Canarische Inseln*, p. 326; y el mismo autor *Ueber Erhebungscratere und Vulcane*, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXXVI, p. 169. Ya Strabon distingue muy bien dos modos de formacion de las islas, en el período en que habla de la separacion de la Sicilia y de la Calabria: «Algunas islas, dice (l. VI, p. 258, ed. Casaub.), son fragmentos separados de la tierra firme; otras, han surgido del fondo de los mares, como sucede aun hoy. Las islas de alta mar (las islas situadas lejos de los continentes) han sido probablemente formadas así por el levantamiento de una parte del suelo submarino; en tanto que las islas colocadas delante de los promontorios parecen haber sido separadas de la tierra firme.»

(13) Pág. 206.—*Ocre Fisove* (Mons Vesuvius) en la antigua lengua

umbriana (Lassen, *Dentung der Eugubinischen Tafeln* en el *Rhein Museum*, 1832, p. 387); la palabra *ocre* significa montaña, segun el testimonio del mismo Festus. Segun Voss, *Etna* indica *montaña ardiente* ó *montaña brillante;* pero Voss cree de origen griego la palabra Αἴτνη, y la une á αἴθω ó á αἰθινος; ahora bien, el sábio Parthey rechaza este orígen helénico, primero por motivos puramente etimológicos, y luego porque el Etna no ha sido nunca para los navegantes griegos un faro luminoso como el infatigable Stromboli, que Homero designa en la *Odisea* (l. XII, v. 68, 202 y 219), aunque sin fijar bien claramente su posicion. En mi juicio, seria preciso buscar en la lengua de los antiguos Sículos el orígen de la palabra Etna, si por ventura llega algun dia en que se recojan restos importantes de esta lengua. Segun Diodoro (l. V, c. 6) los *Sicani*, es decir, los ab-orígenes, que habitaban la Sicilia antes que los *Siculi*, fueron obligados á confinarse en la parte Occidental de la isla para huir de las erupciones del Etna, que duraron muchos años. La erupcion histórica mas antigua de este volcan, es aquella de que Píndaro y Esquilo han hecho mencion: que tuvo lugar bajo Hieron en el año segundo de la Olimpiada 75. Segun toda verosimilitud, Hesiodo conocia las erupciones devastadoras del Etna antes del establecimiento de las colonias griegas; Sin embargo, quedan aun algunas dudas sobre la palabra Αἴτνη, que está en el testo de Hesiodo (Humboldt, *Examen critique*, l. I, p. 168.)

(14) Pág. 206.—Séneca, *Epist.* 79.

(15) Pág. 206.—Eliano, *Var. hist.*, l. VIII, c. 11.

(16) Pág. 208.—Petri Bembi, *Opucusla* (Ætna Dialogus). Basil., 1556, p. 63. «Quidquid in Ætnæ matris utero coalescit nunquam exit ex cratere superiore, quod vel eo incendere gravis materia non queat, vel quia inferius alia spiramenta sunt, non fit opus. Despumant flammis urgentibus ignei rivi pigro fluxu totas delambentes plagas, et in lapidem indurescunt.»

(17) Pág. 209.—Véase mi dibujo del volcan de Jorullo, de sus *Hornitos* y del Malpais levantado, en las *Vues des Cordillères*, lám. XLIII, p. 239.

(18) Pág. 209.—Humboldt, *Essai sur la Geogr. des Plantes et Tableau phys. des regiones equinoxiales*, 1807, p. 130, y *Essai géogn. sur le Gisement des Roches*, p. 321. Basta considerar la mayor parte de los volcanes de la isla de Java, para convencerse de que la forma, la posicion y la altura absoluta de un volcan, no son suficientes á esplicar la carencia total de las corrientes de lava durante un período de actividad no interrumpida.

Vease Leopoldo de Buch, *Canarische Inselu*, p. 419: Reinwardt y Hoffman, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XII, p. 607.

(19) Pág. 211.—Véase la comparacion de mis medidas con las de Saussure y del conde Minto, en las *Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin*, 1822, y 1823, p. 30.

(20) Pág. 212.—Pimelodes Cyclopum. Véase Humboldt, *Recueil d'Observations de Zoologie et d'Anatomie comparée*, t. I, p. 21-25.

(21) Pág. 214.—Leopoldo de Buch, en los *Annalen* de Poggend., t. XXXVII, p. 179.

(22) Pág. 214.—Sobre la formacion del hierro especular en las masas volcánicas, véase Mitscherlich, en los *Annalen* de Poggend., t. XV, p. 630. Sobre el desprendimiento del gas ácido hidroclórico en los cráteres, véase Gay-Lussac, en los *Annales de Chimie et de Phys.*, t. XXII, p. 423.

(23) Pág. 216.—Véanse las preciosas investigaciones de Bischof acerca del enfriamiento de las masas petreas, en *Wärmelehre*, etc., p. 384, 443. 500-512.

(24) Pág. 216.—Véanse Berzelius y Wœhler, en los *Annalen* de Poggend., t. I, p. 221, y t. XI. p. 146; Gay-Lussac, en los *Annales de Chimie*, tomo XXII, p. 422; Bischof, *Reasons against the Chemical Theory of Volcanoes*, en la edicion inglesa de *Wärmelehere*, p. 297-309.

(25) Pág. 218).—Segun las ideas geognósticas de Platon, tales como nos las presenta en su *Phædo*, el Pyriphlegéthon, jugaba, con relacion á la actividad volcánica, casi el mismo papel que el calórico interno de la tierra y el estado de fusion de las capas profundas en nuestras ideas actuales (*Phædon*, ed Ast., p. 603 y 507; Annot, p. 808 y 817). «Existen en el interior de la tierra y á su alrededor, conductos subterráneos de diversas magnitudes, por donde el agua corre en abundancia; y asimismo fuego y corrientes de fango líquido mas ó menos impuro, semejantes á los torrentes de lodo que preceden en los volcanes de Sicilia á las erupciones ígneas, y cubren, como estas últimas, todo el terreno situado á su paso. El Pyriphlegéthon se vierte en un inmenso espacio lleno de fuego ardiente y activo; forma allí un lago mayor que nuestro mar, en cuyo lago el agua y el fango están constantemente en ebullicion; y sale en seguida de aquel espacio, describiendo con sus turbias y fangosas aguas, un círculo al rededor de la tierra.» Tan convencido se hallaba Platon de que este rio de tierra fundida y de fango, era la fuente *general* de los fe-

nómenos volcánicos, que añade terminantemente: «Tal es el Pyriphlegeton de que se escapan algunas porciones hácia arriba y forman torrentes de fuego (οἱ ῥύακες) que aparecen en algunos lugares de la tierra. (ὅπῃ ἂν τυχῶσι τῆς γῆς).» Estas escorias volcánicas y las corrientes de lavas eran tenidas, por consiguiente, como porciones del Pyriphlegethon mismo, ó de la masa en fusion que se creia movida incesantemente en las entrañas de la tierra. Que la espresion οἱ ῥύακες significa: *corrientes de lava*, y no *montañas ignívomas*, como quieren Schneider Passow y Schleiermacher, resulta claramente de una multitud de pasajes reunidos por Ukert en su *Geogr. der Griechen und Römer*, 2.ª parte, t. I, p. 200. Ῥύαξ indica el fenómeno volcánico por su lado mas notable, la corriente de lava; de ahí viene la espresion los ῥύακες del Etna. Cf. Aristót., *Mirab. Ausc.*, t. II, p. 833, sect. XXXVII, ed. Bekker; Tucidides, l. III, c. 116, Teofrasto, *de Lapid.*, 22, p. 427, ed. Schneider; Diodoro, l. V, c. 6, y l. XIV, c. 59, en el cual se leen estas notables palabras: «Muchas ciudades situadas cerca del mar, y no lejos del Etna, han sido sepultadas ὑπὸ τοῦ καλουμένου ῥύακος» Strabon, l. VI, p. 269, l. XIII, p. 628, y sobre los célebres fangos ardientes de las llanuras de Lélanto, en Eubea, t. I, p. 58, ed. Casaub; finalmente, Apiano *de Bellis civilibus*, l. V, c. 114. La censura vertida por Aristóteles (*Meteor.*, l. II, c. 2, 19) de las fantasías geognósticas del Phœdon no recae, propiamente hablando, sino sobre el orígen de los rios que corren por la superficie de la tierra. Ha debido ya notarse en el pasaje de Platon, citado mas arriba, su asercion singular, aunque exactísima, de que en Sicilia las erupciones de fango preceden á las corrientes ígneas. ¿Es necesario para esplicar este pasaje admitir que se tomen en él por fango espelido antes de la erupcion *rapillis* y cenizas lanzadas por el cráter durante una tempestad vulcano-eléctrica, y apagadas por la nieve derretida? ¿O bien, esas corrientes de fango húmedo (ὑγροῦ πηλοῦ ποταμοί), no eran, para Platon, sino mera reminiscencia de las *salsas* de Agrigento (volcanes de fango) que vomitan el fango con estrépito, y de las cuales ya hemos hablado? (Nota 10, p. 203). Es de sentir, en vista de esta incertidumbre, que un escrito de Teofrasto «sobre la corriente volcánica en Sicilia» (περι του ρυακος εν Σικελια), haya corrido la suerte de otros muchos del mismo autor que no han llegado hasta nosotros. Este libro está citado por Diógenes Laërcio, l. V, § 39.

(26) Pág. 218).—Leopoldo de Buch, *Canarische Inseln*, p. 326-407. Dudo que los volcanes centrales formen en general, como cree el ingenioso C. Darwin (*Geolog. Observat. on the Volcanic Islands*, 1844, p. 127), cadenas volcánicas de corta estension y dispuestas sobre fallas paralelas. Ya Federico Hoffman, estudiando el grupo de las islas de Lipari, en donde reconoció las señales de dos hendiduras de erupcion que se cruzan en Pa-

naria, creyó encontrar en este grupo una especie de intermedio entre los volcanes centrales y las cadenas volcánicas de Leopoldo de Buch. Véanse los *Annalen* de Poggend., t. XXVI, p. 80-81).

(27) Pág. 219.—Humboldt, *Geogn. Beobacht, ueber die Vulkane von Quito,* en los *Annalen* de Poggend., t. XLIV, p. 194.

(28) Pág. 219.—Despues de haber hablado de una manera muy notable del hundimiento problemático del Etna, dice Séneca en su epístola 79. «Potest hoc accidere non quia montis altidudo desedit, sed quia ignis evanuit et minus vehemens ac largus effertur: ob eamdem causam, fumo quoque per diem segniore. Neutrum autem incredibile est, nec montem qui devoretur quotidie minui, nec ignem non manere, eumdem; quia non ipse ex se est, sed in aliqua inferna valle conceptus exæstuat et alibi pascitur: in ipso monte non alimentum habet, sed viam.» (Ed. Ruhkopfiana, t. III, p. 32). Strabon reconoce perfectamente que deben existir comunicaciones subterráneas entre los volcanes de Sicilia, los de Lipari, de Pitecusa (Ischia) y el Vesubio. (l. I, p. 247 y 248). Añade que toda la region está colocada sobre un foco subterráneo.

(29) Pág. 220.—Humboldt, *Essai polit. sur la Nouvelle Espagne,* t. II. p. 173-175.

(30) Pág. 221.—He aquí los versos de Ovidio (*Metamorph.* l. XV, v. 296-306.

Est prope Pittheam tumulus Trœzena sine ullis
Arduus arboribus, quondam planissima campi
Area, nunc tumulus: nam—res horrenda relatu—
Vis fera ventorum, cæcis inclusa cavernis,
Exspirare aliqua cupiens, luctataque frustra
Liberiore frui cœlo. cum carcere rima
Nulla foret toto, nec pervia flatibus esset,
Extentam tumefecit humum ; ceu spiritus ori
Tendere vesicam solet, aut directa bicorni
Terga capro. Tumor ille loci permansit, et alti
Collis habet speciem, longoque induruit ævo.

Esta descripcion de un levantamiento en forma de campana tiene verdadero interés bajo el punto de vista geognóstico, ademas, concuerda perfectamente, con un pasaje de Aristóteles relativo al levantamiento de una isla de erupcion. (*Meteor.* l. II, c. 8, p. 17-19): «La Tierra no cesa de temblar en tanto que el viento (ἄνεμος) causa del quebrantamiento del suelo, no encuentra salida. Esto es lo que ha sucedido últimamente en Heráclea, en el Ponto, y con anterioridad en Hiera, una de las islas de Eolo, donde una parte del suelo se hinchó y levantó con es-

27

trépito, en forma de montículo, hasta que el poderoso viento (πνεῦ-μα) encontró salida; entonces lanzó afuera chispas y cenizas que cubrieron la ciudad vecina de los Liparienses, y aun alcanzaron á muchas otras de Italia.» Esta descripcion distingue perfectamente el periodo de levantamiento, de la erupcion misma. Strabon ha descrito tambien el fenómeno de Metonia (l. I, p. 59. Casaub.): «Una erupcion de llamas tuvo lugar cerca de Trezena, y surgió un volcan hasta la altura de siete estadios (?), inaccesible de dia, á causa de su escesivo calor, y de su olor á azufre; pero de noche, exhalaba buen olor (?). Se desprendia del volcan tal cantidad de calor, que el mar hervia hasta cinco estadios, á los veinte estaba todavía turbio y obstruido por pedruscos de rocas arrojadas por el volcan.» A cerca de la constitucion mineralógica actual de la península de Metana (véase Fiedler, *Reise durch Griechenland*, 1.ª parte, p. 257).

(31) Pág. 221.—Leopoldo de Buch. *Canarische Inseln*, p. 402; véase tambien el mismo autor, en los *Annalen* de Poggendorff, l. XXXVII, p. 183. En estos últimos tiempos se ha formado de nuevo una isla submarina en el cráter de Santorin, la cual en el año de 1810 estaba á 15 brazas sobre el nivel del mar, y en el de 1830, solo á 3 ó 4 brazas. Esta isla por lo escarpada, puede compararse á un cilindro enorme que surgiese del fondo del mar. La actividad contínua del cráter sub-marino, se revela aun por el desprendimiento de vapores ácidos de azufre que se mezclan á las aguas del mar en la bahia oriental del Neo-Kammeni, como en Uromolimni, cerca de Metana. Los navios blindados van á anclar á esta bahía con el fin de aprovecharse de sus propiedades naturales ó mas bien volcánicas, para limpiar su bordaje de cobre y que quede reluciente. Véase Virlet, en el *Bulletin de la Societé geologique de France*, t. III, p. 109, y Fiedler, *Reise durch Griechenland*, lám. II, p. 469 y 584.

(32) Pág. 221.—Apariciones de la nueva isla, cerca de la de San Miguel de las Azores: 11 de junio de 1638; 31 de diciembre de 1719, y 13 de junio de 1811.

(33) Pág. 221.—Prévost, en el *Bulletin de la Societé geologique*, t. II, p. 34; Federico Hoffmann, *Hinterlassene Werke*, t. II, p. 451-456.

(34) Pág. 221.—«Accedunt vicini et perpetui Ætnæ montis ignes et insularum Æolidum, veluti ipsis undis alatur incendium; neque enim aliter durare tot seculis tantus ignis potuisset, nisi humoris nutrimentis aleretur.» (Justin. l. IV, c. 1.) Justino empieza la descripcion física de la Sicilia por una teoría volcánica muy complicada. Lechos de azufre y de resina colocados á gran profundidad; un suelo de poco espesor, lleno

de cavidades, y espuesto á resquebrajarse; una agitacion estremada producida por las olas del mar, que al azotar la orilla arrastran consigo el aire y lo obligan á penetrar hasta el foco que se alimenta en el seno de aquel territorio: tales son los datos que Justino desarrolla en su teoría, copiada por Trogue-Pompeyo. Por lo demas, el imaginar los antiguos que el aire podia ser impelido hasta penetrar en las entrañas de la tierra para alimentar allí los focos volcánicos, tenia por objeto esplicar la influencia que atribuian á ciertos vientos sobre la actividad volcánica del Etna, Hiera y Stromboli (Véase un pasaje notable de Strabon. l. VI, p. 275 y 276). La isla de Stromboli (Strongyle) pasaba por la morada de Eolo, «el regulador de los vientos,» porque los navegantes preveian los cambios de tiempo segun el grado de violencia de las erupciones del volcan de Stromboli. Los mismos fenómenos se reproducen en nuestros dias. Véase, Leopoldo de Buch, *Canarische Inseln*, p. 334, y Hoffmann, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXVI, p. 8. Háse reconocido que las erupciones de este pequeño volcan dependen á la vez de la altura del barómetro y de la direccion de los vientos; pero preciso es confesar, sin embargo, que estamos bien lejos de poder dar esplicacion satisfactoria sobre este punto, en el estado actual de nuestros conocimientos acerca de los fenómenos volcánicos y de las débiles variaciones que los vientos producen en la presion atmosférica. Bembo, cuya educacion habia sido confiada á los griegos refugiados en Sicilia, cuenta sus escursiones por el Etna, en un libro escrito con todo el encanto y todo el calor de la juventud. (*Ætna Diálogus*,) á mediados del siglo XVI: en él desarrolla la teoría de la introduccion de las aguas del mar en el foco de los volcanes, é intenta probar que la proximidad del mar es una condicion necesaria para la produccion de los fenómenos volcánicos. Véanse aquí las cuestiones que trata, al subir por el Etna: «Explana potius nobis quæ petimus, ea incendia unde orianturet orta quomodo perdurent?—In omni tellure nuspiam majores fistulæ aut meatus ampliores sunt quam in locis quæ vel mari vicina sunt vel a mari protinus alluuntur: mare erodit illa facillime pergitque in viscera terræ. Itaque cum in aliena regna sibi viam faciat, ventis etiam facit; ex quo fit ut loca quæque maritima maxime terræ motibus subjecta sint, parum mediterranea. Habes quum in sulfuris venas venti furentes inciderint, unde incendia oriantur Ætnæ tuæ. Vides, quæ mare in radicibus habeat, quæ sulfurea sit, quæ cavernosa, quæ a mari aliquando perforata ventos admiserit æstuantes, per quos idonea flammæ materies incenderetur.»

(35) Pág. 222.—Véase Gay-Lussac, *Sur les Volcans*, en los *Annales de Chimie*, t. XXII, p. 427; y Bischof, *Wärmelehre*, p. 272. Las erupciones de humo y de vapores acuosos que se han visto en diferentes épocas al rededor de Lanzarote, de la Islandia, y de los Kuriles, durante la erup-

cion de los volcanes inmediatos, nos autorizan para creer en la reaccion de los focos volcánicos contra la presion hidrostática de las aguas cercanas, y aun esas mismas erupciones gaseosas prueban que la elasticidad de los vapores que se desarrollan en los focos, puede llegar á ser muy superior á la presion.

(36) Pág. 223.—Abel Remusat, *Lettre á M. Cordier*, en los *Annales des Mines*, t. V. p. 137.

(37) Pág. 223.—Humboldt, *Asie centrale*, t. II, p. 30-33, 38-52, 70-80 y 426-428. La existencia de los yolcanes activos en el Kordofan, a 100 miriámetros del mar Rojo, ha sido negada recientemente por Rüppel *(Réisen in Nubien*, 1829, p. 151.)

(38) Pág. 224.—Dufrénoy y Elías de Beaumont, *Explication de la Carte Géologique de la France*, t. I, p. 89.

(39) Pág. 224.—Sofocles, *Philoct.* v. 971 y 972. Acerca de la época presunta de la estincion de los *fuegos de Lemnos*, en tiempo de Alejandro, cf. Buttmann, en el *Museum der Alterthumsvissenschaft*, t. I, 1807, p. 295; *Dureau de la Malle*, en los *Annales de Voyages* de Malte-Brun, t. IX, 1809, p. 5; Ukert en las *Ephem.* geogr. de Bertuch, t. XXXIX, 1812, p. 361; Rhode, *Res Lemnicæ*, 1829, p. 8; y Walter, *ueber Abnahme der vulkanischen Thätigkeit in historischen Zeiten*, 1844, p. 24. Se ha supuesto que el cráter apagado de Mosychlos fué sumerjido por el mar en época muy remota, así como la isla desierta de Chrysa, antigua mansion de Filoctétes (Otfried Muller *Minios*, p. 300); el mapa hidrográfico de la isla de Lemnos, levantado por Choiseul, da mucha verosimilitud á esta opinion, y los arrecifes y escollos situados al Nor-Este de Lemnos, indican aun el sitio que en el mar Egéo ocupaba en otro tiempo, un volcan activo semejante al Etna, al Vesubio, al Stromboli y al Volcan de las islas de Lipari.

(40) Pág. 225.—Cf. Reinwardt y Hoffmann, en los *Annalen* de Poggendorff. t. XII, p. 607; Leopoldo de Buch, *Canarische Inseln*, p. 424, 426. La erupcion de los fangos arcillosos de Carguairazo en 1698, cuando la demolicion del volcan; los *Lodazales* de Igualata, y la *Moya* de Pelileo, son fenómenos volcánicos del mismo género en la meseta de Quito.

(41) Pág. 226.—En un plano de los alrededores de Tezcuco, de Totonileo y de Moran *(Atlas geogr. et phys.* lam. VII.) que destinaba primitivamente (1803) á que formase parte de la obra inédita *(Pasi grafia geog-*

nóstica destinada al uso de los jóvenes del colegio de Minería de Méjico,) designé despues (1832) las rocas de erupcion plutónicas y volcánicas bajo el nombre de *endógenas* (enjendradas en el interior), y las de sedimento bajo el de *exógenas*, (enjendradas esteriormente sobre la corteza terrestre.) En el sistema gráfico que adopté, las primeras estaban indicadas por una flecha dirigida hácia arriba, y las segundas por una flecha vuelta hácia abajo. Este método tiene al menos la ventaja de no desfigurar los planos en que se trata ordinariamente de representar séries de capas sedimentarias dispuestas horizontalmente unas sobre otras; mas en la mayor parte de los planos modernos, las erupciones y las penetraciones de basalto, de pórfiro ó de sienita, están figuradas por venas ascendentes de un modo arbitrario y poco conforme con la naturaleza. Las denominaciones que he propuesto en el plano pasigráfico-geognóstico fueron formadas segun las de Candolle, que llamaba *endógenas* á las plantas monocotíleas, y *exógenas* á las dicotíleas. Pero Mohl ha probado, por una análisis mas exacta del reino vegetal, que en tesis general y rigorosa, el crecimiento de las monocotíleas, no se verifica de dentro á fuera, ni el de las dicotíleas, de fuera á dentro. (Link, *Elementa philosophiæ botanicæ*, t. I, 1837, p. 287; Endlicher y Unger, *Grundzuge der Botanik*, 1843, p. 89; y Jussieu, *Traité de Botanique*, t. I, p. 85). Lo que yo llamo *endógeno*, lo designa Lyell por la espresion característica de *netherformed* ó *hipogene rocks*. (*Principles of Geology*, 1833, t. III, p. 374).

(42) Pág. 226.—Cf. Leop. de Buch, *Ueber dolomit als Gebirgsart*, 1823, p. 36; y el mismo autor, acerca del grado de fluidez que debe atribuirse á las rocas plutónicas en la época de su erupcion, y sobre la transformacion del esquisto en gneiss por la accion del granito, y de las materias que han acompañado el levantamiento de esta roca, en las *Mem. de l'Acad. de Berlin*, 1842, p. 58 y 63; y en *Jahrbuch für wissenschaftliche Kritik*, 1840, p. 195.

(43) Pág. 228.—Darwin, *volcanic Islands*, 1844, p. 49 y 154.

(44) Pág. 228.—Moreau de Jonnés, *Hist. phys. des Antilles*, t. I, p. 136, 138 y 543; Humboldt, *Relat. histor.*, t. III, p. 367.

(45) Pág. 228.—Cerca de Teguiza; Leop. de Buch, *Canarische Inseln*, p. 301.

(46) Pág. 228.—Véase la pág. 6.

(47) Pág. 229.—Bernhard Cotta, *Geognosie*, 1839, p. 273.

(48) Pág. 229. — Leop. de Buch. *Ueber Granit und Gneiss*, en las *Mem. de l'Acad. de Berlin*, 1842, p. 60.

(49) Pág. 229.—El granito que se eleva cerca del lago Kolivan, en forma de paredes divididas en estrechos sillares paralelos, contiene muy pocos cristales de titanita, siendo el feldespato y la albita los que predominan; véase Humboldt, *Asie Centrale*, t. I, p. 295; Gustavo Rose *Reise nach dem Ural*, t. I, p. 524.

(50) Pág. 229.—Humboldt, *Relat. hist.*, t. II, p. 99.

(51) Pág. 229.—Véase en la obra citada de Rose, t. I, p. 584, el plano de Biri-Tau que he dibujado desde la parte del Sud, donde se hallaban las tiendas de los Kirghisos. Acerca del granito esferoidal que se divide en escamas concéntricas, véase Humboldt *Relat. histor.*, t. II, p. 597, y *Essai. geogn. sur legisenunt des roches*, p. 78.

(52) Pág. 230.—Humboldt, *Asie centrale*, t. I, p. 299-311, y los dibujos del viaje de Rose, t. I, p. 611; estos últimos reproducen la curvatura de las escamas del granito indicada por Leop. de Buch. como rasgo característico.

(53) Pág. 230.—Este yacimiento notable; ha sido descrito por primera vez, por Weiss, en Karsten's *Archiv. für Bergbau und Hüttenwesen*, t. XVI, 1827, p. 5.

(54) Pág. 230.—Dufrénoy y Elías de Beaumont, *Geologie de la France*, t. I, p. 130.

(55) Pág. 231.—Estos lechos intercalados de diorita juegan un importante papel en el distrito de las minas de Naila, cerca de Steben, los mas dulces recuerdos de la juventad, van unidos á esta region, donde he estudiado la direccion de los trabajos de las minas, hácia fines del siglo último. Cf. F. Hoffmann en los *Annalen* de Poggendortf, t. XVI, p. 558.

(56) Pág. 231.—En el Ural meridional y Baschkirien; véase G. Rose, *Reise nach dem Ural*, t. II, p. 71.

(57) Pág. 231.—G. Rose, *Reise nach dem Ural* t. II, p. 47, 52 acerca de la identidad del eleolito y la nefelina, (la proporcion de cal es algo mayor en esta última); véase Scheerer. en los *Annalen* de Poggend. t. XLIX, p. 359-381.



(58) Pág. 235.—Véanse las bellas investigaciones de Misstcher, en las *Mem. de l'Acad. de Berlin.* 1822 y 1823, p. 25-41, en los *Annalen* de Poggend., t. X, p. 137-152, t. XI, p. 323-332, t. XLI, p. 213-216, y Gustavo Rose, *ueber Bildung des Kalpat und Aragonitens* en los *Annalen* de Poggend., t. XLII, p. 553-366; Haidinger, en las *Transact, of the Royal Society of Edinburg*, 1827, p. 148.

(59) Pág. 236.—Lyell, *Principles of Geology*, t. III, p. 353 y 359.

(60) Pág. 237.—Esta descripcion de las relaciones de yacimiento del granito pone de relieve el carácter fundamental y general de toda la formacion. Sin embargo, el aspecto que el granito presenta en algunas localidades, autoriza á creer que esta roca no ha estado desprovista siempre de una cierta fluidez en el momento de la erupcion. Véase mas arriba p. 229; véase tambien la descripcion de una parte de la cadena de Narym cercana á las fronteras del imperio chino, en Rose, *Reise nach dem Ural*, t. I, p. 599; otro tanto puede decirse del traquito; V. Dufrénoy y Elías de Beaumont, *Description géologique de la France*, t. I, p. 70. Puesto que he hablado anteriormente en el testo de hendiduras estrechas por las cuales los derramamientos basálticos se han efectuado alguna vez, mencionaré aquí las anchas fallas que han dado paso á los melafiros (esta última roca no debe ser confundida con los basaltos); véase en Murchison, *Silurian System*, p. 126, la interesante descripcion de una falla de 146 m. de anchura, por la cual se ha inyectado el melafiro en la hullera de Cornbrook, Hoar-Edge.

(61) Pág. 237.—Sir James Hall, en las *Edinb. Transact.*, t. V, p. 43. t. VI, p. 71; Gregory Watt, en las *Philos. Transactions of the Royal Society of London for* 1804, t. II, p. 279. Dartigues y Fleuriau de Bellevue, en el *Journal de Physique*, t. LX, p. 456; Buschof. *Wärmelehre*, p. 313 y 443.

(62) Pág. 238.—Gustavo Rose, en los *Annalen* de Poggend., t. XLII, p. 364.

(63) Pág. 238. —Véase acerca de el dimorfismo de azufre, Mitscherlich, *Lehrbuch der Chemie*, § 55-63.

(64) Pág. 238.—Acerca del yeso considerado como cristal de un solo eje, acerca del sulfato magnésico y los óxidos de zink y de nikel, véase Mitscherlich, en los *Annalen* de Poggend., t. XI, p. 328.

(65) Pág. 238.—Véanse las investigaciones de Costa en el Creusot, so-

bre la trasformacion del hierro laminado en hierro quebradizo al frio, en las *Mem. geolog.* de Elías, Beaumont, t. II, p. 411.

(66) Pág. 238.—Mitscherlich, *ueber die Ausdehnung der kristallisirten Körper durch die Wärme* en los *Annalen* de Poggendorff, t. X, p. 151.

(67) Pág. 239.—Sobre las dobles uniones de estratificacion, véase Elías de Beaumont, *Geologie de la France*, p. 41; Credner, *Geognosie Thüringens und des Harzes*, p. 40; Rœmer, *das rheinische Uebergangsgebirge*, 1844, p. 5 y 9.

(68) Pág. 239.—La sílice no está coloreada simplemente por el óxido de hierro; va acompañada de arcilla de cal y de potasa; véase Rose, *Reise*, t. II, p. 187. Sobre la formacion del jaspe por la accion del pórfiro, de la augita y del hiperstenfels, véase el mismo autor t. II, p. 169, 187 y 192. Cf. t. I. p. 427, donde entre los globos de pórfiro allí dibujados contiene la grauwacka calcárea de Bogoslowsk, se presenta tambien el jaspe como un producto de la accion plutónica de la augita, t. II, p. 545, y Humboldt *Asie centrale*, t. I, p. 486.

(69) Pág. 239.—A propósito del orígen volcánico de la mica es importante recordar que los cristales de mica se encuentran en el basalto de Mittelgebirge bohemio; en la lava arrojada por el Vesubio en 1822. (Monticelli, *Storia del Vesuvio, negli anni*, 1821 *é* 1822, § 99); en los fragmentos de esquisto arcilloso envueltos de basalto escoriado que se encuentran sobre el Hohenfels, no lejos de Gerolstein, en el Eifel (véase Mitscherlich, en el *Basalto-Gebilde* de Leonhard p. 244), sobre el feldspato producido en el esquisto arcilloso por el contacto del pórfiro, entre Urval y Poïet, (Forez), véase Dufrénoy, *Geol. de la France*, t. I, p. 137. A un contacto de este género debe atribuirse la singular estructura amigdaloide y celular de los esquistos que he encontrado en Paimpol, en Bretaña (t. I, p. 234) en una escursion geológica emprendida de acuerdo con el profesor Kunt.

(70) Pág. 239.—Rose, *Reise nach dem Ural*, t. I, p. 586-588.

(71) Pág. 239.—Leopoldo de Buch. en las *Mem. de l'Acad. de Berlin*. 1842, p. 63, y en los *Jahrbücher für wissenschaflihe Kritik*, 1840, p. 196.

(72) Pág. 240.—Elías de Beaumont, en los *Annales de Sciences naturelles*, t. XV, p. 362-372: «Aproximándose á las masas primitivas del Monte-Rosa y de las montañas situadas al oeste de Coni, vése como las capas secundarias pierden mas y mas los caracteres inherentes á su manera de depositarse. A menudo adoptan algunos modos que parecen provenir de

una causa distinta, sin perder por ello su estratificacion, recordando por esta disposicion la estructura fisica de un tizon carbonizado á medias, en el cual pueden seguirse las señales de las fibras leñosas, aun mas allá de los puntos que presentan todavía los caractéres naturales de la madera.» (Cf. los *Annales des Sciences naturelles*, t. XIV, p.118-122, y M. de Dechen, *Geognosie*, p. 553). Entre las pruebas mas sorprendentes de la metamórfosis de las rocas bajo la influencia plutónica, es preciso contar las belemnitas de esquisto de Nuffenen (valle alpestre de Egino y ventisquero de Gries), y las que M. Charpentier ha encontrado en el pretendido calcáreo primitivo, sobre el flanco occidental de la Garganta de Seigne (entre el Cercado de Montjovet y la barraca alpina de la Lanchette) que me enseñó en Bex, en el otoño de 1822 (*Annales de Chimie*, t. XXIII, p. 262).

(73) Pág. 240.—Hoffmann, en los *Annalen* de Poggend., t. XVI, p. 552: «Los estratos de esquisto arcilloso de transicion que pueden observarse en el Fichtelgebirge, sobre una estension de tres miriámetros, se han trasformado en gneiss por los dos estremos únicamente en que se hallan en contacto estas capas con el granito. Allí se ve como se ha formado el gneiss poco á poco; como el mica y las amigdaloides feldespáticas se han desarrollado en la masa interior del esquisto que contiene en sí mismo todos los elementos de estos minerales.»

(74) Pág. 240.—Entre las obras de arte que nos ha legado la antigüedad griega y romana, no se encuentran columnas ni grandes vasos de jaspe; hoy mismo los montes Ourales solamente suministran pedazos de jaspe de grandes dimensiones. La materia que se esplota en Altai (*Revennaja Sobka*) con el nombre de jaspe, proviene de un magnífico pórfido alistonado. La palabra misma se encuentra en las lenguas semíticas; y ha sido aplicada tambien á fragmentos de *jaspachat*, y á una especie de ópalo jaspóide conocido entre los antiguos con el nombre de *jasponyx*, esto es al menos lo que parece resultar de la descripcion embrollada que se lee en Teofrasto, (*de Lapid.*, c. 23 y 27) y en Plinio (l. XXXVII, c. 8 y 9), este último coloca al jaspe entre el número de las gemas opacas. Esta materia era tan poco comun entre los antiguos, que hablando de un pedazo de jaspe de once pulgadas de longitud, Plinio creia deber afirmar que él mismo habia visto esta rareza. «Magnitudinem jaspidis undecim unciarum vidimus, foratamque inde effigiem Neronis thoracatam.» Segun Teofrasto la piedra llamada *smaragd*, ó esmeralda, de la cual se han hecho grandes obeliscos, no era sino una especie de jaspe *sin listas*.

(75) Pág. 240.—Humboldt, *Lettre á M. Brochant de Villiers*, en los *An-*

nales de Chimie et de Physique, t. XXIII, p. 261. Leopoldo de Buch, *Brief ueber das südliche Tyrol*, p. 101, 105 y 273.

(76) Pág. 240.—Sobre la transformacion del calcáreo compacto en calcáreo granular por el granito en los Pirineos (Montaña de Rancie), véase Dufrénoy, en las *Mémoires géologiques*, t. II, p. 440. y en las montañas de l'Oisons, Elias de Beaumont, *Mém. géol.*, t. II, p. 379-415; por el pórfiro diorítico y piroxénico (*ophyta*; Elias de Beaumont, *Géol. de la France*, t. I, p. 72), entre Tolosa y San Sebastian, véase Dufrénoy en las *Mém. Géol.*, t. II, p. 130; en la isla de Skye, donde el calcáreo metamorfoseado por la sienita presenta aun rasgos visibles de petrificaciones, véase M. de Dechen. *Géognosie*, p. 573. En la metamórfosis de la creta, en contacto con el basalto, las moléculas han debido esperimentar un desplazamiento muy notable para dar lugar á la estructura cristalina ó de grano de la roca actual, porque antes de la transformacion esas moléculas formaban una infinidad de pequeños anillos separados, segun Ehremberg ha tenido ocasion de acreditar por medio de investigaciones microscópicas sobre la roca primitiva. Véanse los *Annalen* de Poggendorff, t. XXXIV, p. 105, y sobre anillos formados por precipitados de aragonita, Gustavo Rose, en la misma coleccion, t. XLII, p. 354.

(77) Pág. 241.—Lechos de calcáreo granular en el granito, en el puerto de Oó y en el Monte de Labourd. Charpentier, *Constitution géologique des Pyrénées*, p. 144-146.

(78) Pág. 241.—Léopoldo de Buch, *Canarische Inseln*, p. 394; Fiedler, *Reise durch Griechenland*, 2.ª parte, p. 181, 190 y 516.

(79) Pág. 241.—Ya he aludido en otro sitio á este pasaje notable de Orígenes: *Philosophumena*, c. 14 (*Opera*, ed Delarue, t. I, p. 893). Todo induce á creer que Jenofanes no ha querido hablar de una impresion de *laurel* (τύπον δάφνης), sino de una impresion de *pescado* (τύπον ἀφύης); Delarue vitupera injustamente á Jacobo Gronovius por haber preferido la segunda version y haber sustituido la palabra *sardina* á la palabra *laurel*. En todo caso el descubrimiento de un pez fósil es mas verosímil que el de una imágen de Sileno (Plinio, l. XXXVI, c. 5), hallada por los obreros en las canteras de Paros (mármoles del monte Marpessos, Servius, *ad Virg. Æn.*, l. VI, v. 571).

(80) Pág. 241.—Sobre la constitucion geológica de los alrededores de Carrara (*ciudad de la Luna*, Strabon, l. V, p. 222), véase Savi, *Osservazioni sui terreni antichi Toscani*, en el *Nuovo Giornale de Litterati di Pisa*,

núm. 63, y Hoffman, en Karsten's *Archiv für Mineralogie*, t. VI, p. 258 263; véase tambien del mismo autor, *Geogn. Reise durch Italien*, p. 244-265.

(81) Pág. 242.—Esta hipótesis la ha emitido un observador distinguido, Karls de Leonhard; véase su *Jahrbuch für Mineralogie*, 1834, p. 329, y Benrhard Cotta, *Geognosie*, p. 310.

(82) Pág. 242.—Leop. de Buch, *geogn. Briefe an A. von Humboldt*, 1824, p. 36 y 82; el mismo, en los *Annales de Chimie*, t. XXIII, p. 276, y en la *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1822 y 1823, p. 83-136; H. de Dechen, *Geognosie*, p. 574-576.

(83) Pág. 244.—Hoffman, *Geogn. Reise*, revisado por H. de Dechen, p. 113-119, 380-386; Poggendorff's *Annalen*, t. XXVI, p. 41.

(84) Pág. 244.—Dufrénoy, en las *Mém. géologiques*, t. II, p. 145 y 179.

(85) Pág. 244.—Humboldt, *Essai geogn. sur le Gisement des Roches*, p. 93. *Asie centrale*, t. III, p. 532.

(86) Pag. 245.—Elias de Beaumont, *Annales des Sciences naturelles*, t. XV, p. 362; Murchison, *Silurian System*, p. 286.

(87) Pág. 245.—Rose, *Reise nach dem Ural*, t. I, p. 364 y 367.

(88) Pág. 245.—Leop. de Buch, *Briefe*, p. 109-129. Cf. Elias de Beaumont, acerca del contacto del granito con las capas del Jura, en las *Mem. géologiques*, t. II, p. 408.

(89) Pág. 245.—Hoffmann, *Reise*, p. 30 y 37.

(90) Pág. 245.—Sobre la formacion del hierro especular y sobre las reacciones químicas que la determinan, véase Gay-Lussac, en los *Annales de Chimie*, t. XXII, p. 415; y Mitscherlich, en los *Annalen* de Poggend., t. XV, p. 630. Las cavidades de la obsidiana del Cerro del Jacal, que yo traje de Méjico, contienen tambien cristales de olivina, formados sin duda por via de sublimacion (Gustavo Rose, en los *Annalen* de Poggend., t. X, p. 323). Así, pues, la olivina se presenta en el basalto, la lava, la obsidiana, las escorias artificiales, las piedras meteóricas, la sienita de Elfdalen, y bajo el nombre de yalosiderita, en la wacka de Kaiserstuhle.

(91) Pág. 246.—Constantino de Beust, *über die Porphyr-Gebilde*, 1835,



p. 89-96; y del mismo autor, *Beleuchtung der Werner'schen Gangtheorie*, p. 6; C. de Weissenbach. *Abbildungen merkwürdiger Gangverhältnisse*, 1836, fig. 12. Pero la estructura en forma de bandas estrechas no es general, ni tampoco el órden en el cual se suceden los diferentes miembros de estas masas indica necesariamente su edad relativa; véase Freiesleben, *über die sachsischen Erzgänge*, 1843, p. 10-12.

(92) Pág. 246.—Mitscherlich, *über die künstliche Darstellung der Mineralien*, en las *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1822 y 1823, p. 25-41.

(93) Pág. 247.—Las escorias han dado lo siguiente: cristales de feldespato, descubiertos por Heine en un hornillo de fundicion para el cobre, cerca de Sangerhausen, y analizados por Kersten (Poggend. *Annalen*, t. XXXIII, p. 337); cristales de augita, en las escorias de Sahle (Mitscherlich, *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1822 y 1823, p. 40); cristales de olivina (Sefstrœm, en la obra de Leonhard, *Basalt-Gebilde*, t. II, p. 495); mica, en las antiguas escorias de Garpenberg (Mitscherlich, en la obra citada de Leonhard, p. 506)]; cristales de óxido magnético de hierro, en las escorias de Châtillon-sur-Seine (Leonhard, p. 341); hierro especular en la arcilla de los alfareros (Mitscherlich, en Leonhard, p. 234).

(94) Pág. 247.—Los minerales cuya reproduccion se ha logrado en todas sus partes, son: el idocrasio y el granate (Mitscherlich, en los Poggend, *Annalen*, t. XXXIII, p. 340); el rubí (Gaudin, *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. IV, p. I, p. 999); la olivina y la augita (Mitscherlich y Berthier, en los *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIV, p. 376). Por mas que la augita y el anfibol presentan, segun G. Rose, la mayor semejanza en la forma de sus cristales, y tengan casi la misma composicion química, sin embargo, el anfibol no se encuentra jamás en las escorias al lado de la angita, y los químicos no han podido reproducir aun ni el anfibol ni el feldespato (Mitscherlich, en los Poggend., *Annalen*, t. XXXIII, p. 340, y Rose, *Reise nach dem Ural*, t. II, p. 358 y 363). Cf., tambien Beudant, *Mém. de l'Acad. des Sciences*, t. VIII, p. 221, y las investigaciones ingeniosas de Becquerel, en su *Traité de l'Électricité*, t. I, p. 334; t. III, p. 218; t. V, 1.ª parte, 148 y 185.

(95) Pág. 247.—D'Aubuisson, *Journal de Physique*, t. LXVIII, p. 128.

(96) Pág. 248.—Leop. de Buch, *geogn. Briefe*, p. 75-82; vése al mismo tiempo en este pasaje, por qué el asperon rojo (el *todtliegende* de las capas de flœtz de la Turingia) y el terreno hullero, deben ser considerados como producidos por la erupcion de las rocas porfiríticas.

(97) Pág. 250.—Es un descubrimiento de miss Mary Anning, que ha encontrado tambien los coprolitos de los peces. Estos coprolitos y los de los ictiosauros son tan abundantes en Inglaterra (por ejemplo, en Lyme Regis), que Buckland los compara á patatas sembradas en gran número por el suelo. Cf. Buckland *Geology considered with reference to natural Theology*, t. I, p. 188-202 y 305. Sobre la esperanza manifestada por Hooke, « to raise a chronology » del estudio de las conchas fósiles: « and to state the intervals of the time wherem such catastrophes and mutations have happened, » véase. *Posth. Works, Lecture Feb.* 29, 1688.

(98) Pág. 250.—Leop. de Buch, *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1837, p. 64.

(99) Pág. 252.—El mismo, *Gebirgs formationen von Russland*, 1840, p. 24-40.

(100) Pág. 252.—Agassiz, *Monographie des Poissons fossiles du vieux grès rouge*, p. VI y 4.

(1) Pág. 252.—Leop. de Buch, *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1838, p. 149 y 168; Beyrich, *Beitr. zur Kenntn. des rhein. Uebergangsgebirges*, 1837, p. 45.

(2) Pág. 252.—Agassiz, *Recherches sur les Poissons fossiles*, t. I. Introd., p. XVIII (Davy, *Consolation in Travel*, dial. III).

(3) Pág. 252.—Segun Hermann de Meyer, seria un *Protosaurus*. La costilla de un sauriano, que se supone encontrada en el calcáreo de montaña (calcáreo carbonífero) de Northumberland (Herm. de Meyer, *Palæologica*, p. 299), es muy dudosa, segun Lyell (*Geologie*, 1832, t. I, p. 148). El mismo autor del descubrimiento fija su lugar en las capas de aluvion que cubren el calcáreo de montañas.

(4) Pág. 252.—F. d'Alberti, *Monographie des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers*, 1834, p. 119 y 314.

(5) Pág. 253.—Véanse las ingeniosas consideraciones de H. de Meyer, sobre la organizacion de los saurianos voladores en las *Palæologica*, p. 228 y 252. En Solenhofen, en el esquisto litográfico de la formacion jurásica superior, es donde se ha encontrado el *Pterodactylus crassirostris*, así como el *P. longirostris* (*Ornithocephalus*, Sœmmering) de mas antiguo conocido. El profesor Goldfuss halló tambien en un ejemplar fósil de la primera especie, señales del ala membranosa y la impresion de muchos mechones

de pelos rizados, de varios centímetros de longitud por algunas partes.

(6) Pág. 253.—Cuvier, *Recherches sur les Ossements fossiles.* t. I, p. LII y LVII. Cf. l'*Échelle des époques géologiques*, en Philips, *Geology*, 1837, p. 166-185.

(7) Pág. 254.—Agassiz, *Poissons fossiles*, t. I, p. XXX, y t. III, p. 1-52; Buckland, *Geology*, t. I, p. 273-277.

(8) Pág. 255.—Ehrenberg, *über nochjetzt lebende Thierarten der Kreidebildung*, en las *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1839, p. 164.

(9) Pág. 255.—Valenciennes, *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. VII, 1838. P. II, p. 580.

(10) Pág. 255.—En el weald-clay; véase Beudant, *Géologie*, p. 173. El número de los ornitolitos aumenta en el yeso de la formacion terciaria, cf. Cuvier, *Ossements fossiles*, t. III, p. 302-328.

(11) Pág. 256.—Leop. de Buch, en las *Mém, de l'Acad. de Berlin*, 1830, p. 135-187.

(12) Pág. 256.—Quenstedt, *Flœzgebirge Würtenbergs*, 1843, p. 135.

(13) Pág. 256.—El mismo, p. 13.

(14) Pág. 256.—Murchison hace dos divisiones del *bunter sandstein*; la primera es el *trias superior* de Alberti; y la segunda el *trias inferior*, al cual pertenece el asperon vosgo de Elías de Beaumont; el zechstein (calcáreo magnésico) y el todtliegende (nuevo asperon rojo inferior) forman el *sistema permiano*. Es necesario empezar las *formaciones secundarias* en el trias superior, es decir, en la division superior del bunter sandstein aleman; el sistema permiano, el calcáreo carbonífero ó calcáreo de montaña, los estractos devonianos y silurianos constituyen los *terrenos paleozóicos* de Murchison. En este sistema la creta y el calcáreo del Jura reciben el nombre de formaciones secundarias superiores, y el keuper el calcáreo conchillar, el asperon abigarado, llevan el de formaciones, secundarias inferiores; el sistema permiano y calcáreo carbonífero componen la formacion paleozóica superior, en tanto que las capas devonianas y silurianas son simultáneamente designadas con el nombre de formacion paleozóica inferior. Las bases de esta clasificacion general están de-



sarrolladas en la gran obra, donde el infatigable sábio inglés debe esponer la geología de una gran parte de la Europa Oriental.

(15) Pág. 257.—Cuvier, *Ossements fossiles*, 1831, t. I, p. 157, 261 y 264. Cf. Humboldt, *über die Hochebene von Bogota*, en la *deutsche Vierteljahrs-Schrift*, 1839, t. I, p. 117.

(16) Pág. 257.—*Journal of the Asiatic Society*, 1844, n.° 15, p. 109.

(17) Pág. 257.—Beyrich, en Karsten's, *Archiv für Mineralogie*, 1844, t. XVIII, p. 218.

(18) Pág. 258.—Por los escelentes trabajos del conde Sternberg, de Adolfo Brongniart, de Gœppert y de Lindley.

(19) Pág. 258.—Véáse Roberto Brown, *Botany of Congo*, p. 42; y d'Urville, en la memoria: *de la Distribution des Fougéres sur la surface du globe terrestre*.

(20) Pág. 258.—Tales son las cicadeas descubiertas por el conde Sternberg en el antiguo terreno hullero de Nadnitz, en Bohemia, y descritas por Corda (dos especies de *cycaditas* y la *zamita*, *Corday;* véase Gæppert, *fossile Cycadeen*, en los *Arbeiten der Schles. Gesellschaft*, 1843, p. 33, 37, 40 y 50.) Se ha encontrado tambien una cycadea, el *Pterophyllum gonorrhachis Gæpp.*, en el terreno hullero de la Silesia superior.

(21) Pág. 258.—Lindley, *Fossil Flora*. n.° 15, p. 163.

(22) Pág. 258.—*Fossil coniferæ*, en Buckland, *Geology*, p. 483-490. A. Witham corresponde la gloria de haber reconocido el primero la existencia de los coníferos en la vegetacion primitiva de la antigua formacion carbonífera. En otros tiempos, la mayor parte de los troncos de árboles que se encontraban en esta formacion se consideraban como palmeras. Por lo demás, las especies del género *Araucarites* no son esclusivamente propias de los terrenos hulleros de las islas Británicas; se encuentran tambien en la Silesia superior.

(23) Pág. 259.—Adolfo Brongniart, *Prodrome d'une Histoire des Vgétaux fossiles*, p. 179; Buckland, *Geology*, p. 479; Endlicher y Unger, *Grundzüge der Botanik*, 1843, p. 455.

(24) Pág. 259.—«By means of Lepidodendron a better passage is esta-

blished from Flowering to Flowerless plants than by either Equisetum or Cycas, or any other known genus.» Lindley y Hutton, *Fossil Flora*, t. II, p. 53.

(25) Pág. 259.—Kunth, *Anordnung der Pflanzenfamilien*, en su *Handbuch der Botanik*, p. 307 et 314.

(26) Pág. 260.—El carbon de piedra no proviene de los vejetales carbonizados por el fuego, sino de los vegetales descompuestos por la via húmeda, bajo la influencia del ácido sulfúrico. La prueba mas concluyente de las que militan en favor de esta opinion, fué suministrada por Gœppert, en Karsten's *Archiv für Mineral.*, t. XVIII, p. 530. Gœppert ha examinado un fragmento del árbol de ámbar, que se transformó en carbon negro, sin que el ámbar sufriese alteracion alguna; el carbon y el ámbar quedaron justapuestos. En cuanto á la parte que toca á los pequeños vejetales en la formacion de las capas carboníferas, véase Link. en las *Mem. de l'Acad. de Berlin*, 1838, p. 38.

(27) Pág. 260.—Véanse los escelentes trabajos de Chevandier, en los *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1844, t. XVIII, P. I. p. 285. Comparando esta capa de carbono de 16 milímetros de espesor, con las capas de carbon de piedra, es necesario tener en cuenta la enorme presion á la que estan sometidas estas últimas, y que se manifiesta por la forma aplanada de casi todos los troncos de árboles subterráneos. «Las *montañas de madera* que se han visto en la costa meridional de la Nueva-Siberia, isla descubierta en 1806 por Sirowatskoi, consisten segun Hedenstrœem, en una série de capas de asperon horizontales, que alternan á una altura de 60 m., próximamente con troncos de árboles bituminosos. En el vértice de la montaña estos troncos están dispuestos verticalmente, y la capa llena de madera flotante, se vé desde una estension de 5 miriámetros.» Véase Wrangel, *Reise längs der Nordküste von Siberien, in den Jahren*, 1820-1824, 1.ª parte, p. 102.

(28) Pág. 261.—Este *corypha*, es la soyata (en azteca, *zoyatl*), ó la *Palma dulce* de los indígenas; véase Humboldt y Bonpland, *Synopsis Planti. æquinoct. Orbis Novi*, t. I, p. 302. Un hombre profundamente versado en las lenguas de América, el profesor Buschmann, hace notar que la *Palma soyata*, es conocida por este nombre en el *Vocabulario de la lengua Othom.* de Yepes, y que la palabra azteca *zoyatl* (Molina, *Vocabulario en lengua mexicana y castellana*) se vuelve á encontrar en los nombres de los lugares, tales como Zoyatitlan y Zoyapasico, en el Estado de Chiapa.

(29) Pág. 261.—En Baracoa y en Cayos de Moa; véase el diario del

Almirante, del 25 y 27 de noviembre de 1492, y Humboldt, *Exámen critique de l'Hist. de la Geogr. du Nouveau Continent*, t. II, p. 252, y t. III, p. 23. Colon concedia una atencion tan decidida á todos los hechos naturales, que reconoció el primero la diferencia del *Podocarpus* al *Pinus*. «Encuentro decia, en la tierra áspera del Cibao, pinos que no llevan piñas, pero por tal órden compuestos por naturaleza, que (los frutos) parecen aceitunas del Ajarafe de Sevilla.» El gran botánico Richard no suponia tampoco, al publicar su escelente tratado sobre las Cycadeas y los Coníferos, que mucho antes de L'Heritier, habia sido distinguido de la Abietinadas, el Podocarpus por un navegante del siglo XV.

(30) Pág. 261.—Charles Darwin, *Journal of the Voyages of the Adventure and Beagle*, 1839, p. 271.

(31) Pág. 262.—Gœppert describe todavía tres Cycadeas (especies del género *Cycadites* y *Pterophillum*) procedentes del esquisto arcilloso carbonífero de Altsattel y de Commotau, en Bohemia: pertenecen quizás al periodo eóceno; véase Gœppert, en la obra citada, nota 20, de la p. 258.

(32) Pág. 262,—Buckland, *Geology*, p. 509.

(33) Pág. 263.—Leopoldo de Buch, en las *Mem. de l'Acad. de Berlin*, 1814-1815, p. 161, y en los *Annales des Sciences natur.*, t. XIX, p. 60.

(34) Pág. 265.—Cf. Elias de Beaumont, *Descript. geol. de la France*, t. I, p. 65; Beudant, *Geologie*, 1844, p. 209.

(35) Pág. 269.—*Transactions of the Cambridge Philos. Society*, t. VI, 2.ª parte., 1837, p. 297. Segun otros autores, la relacion es de 100 á 284.

(36) Pág. 269.—Creíase en la edad media, que los mares cubrian solamente la sétima parte de la superficie terrestre: y esta creencia la basaba el cardenal d'Ailly, en el libro IV apócrifo de Esdras. Cristóbal Colon que tomaba todas sus nociones cosmológicas de la obra del cardenal, tenia gran interés en defender la opinion de la pequeñez relativa de los mares, opinion que venia á robustecerse con la mal comprendida espresion de «Rio del Océano.» Cf. Humboldt. *Exámen critique de l'Hist. de la Geographie*, t. I, p. 186.

(37) Pág. 270.—Agatemero, en los *Geographi minores* de Hudson, t. II, p. 4. Cf. Humboldt, *Asie centrale*, t. I, p. 120, 125.



(38) Pág. 270.—Strabon, l. I, p. 65, ed. Casaub. Cf. Humboldt, *Exámen critique*, t. I, p. 152.

(39) Pág. 271.—Véase acerca de la latitud media del litoral del Asia Septentrional, y de la verdadera denominacion del cabo Taimura (Cabo Siewero-Wostotschno) y del cabo del Nor-Este (Schalagskoi Mys), Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 35 y 37.

(40) Pág. 272.—La misma obra, t. I, p. 198-200. Asi tambien la punta meridional de la América como el archipiélago que lleva el nombre de Tierra de Fuego, se encuentran sobre el meridiano de la parte mas septentrional de la bahia de Baffin y de la gran tierra polar cuyos límites no se han fijado todavía, y que pertenecen quizás á la Groenlandia occidental.

(41) Pág. 272.—Strabon, l. II, p. 92 y 108, ed Casaub.

(42) Pág. 272.—Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 25. Desde 1817, habia yo demostrado en mi obra *de Distributione geographica Plantarum secundum cœli temperien et altitudinem montium*, de cuanta importancia es para la climatología y el estudio de la civilizacion, distinguir los continentes *articulados* y los continentes *compactos*. «Regiones vel per sinus lunatus in longa cornua porrectæ, angulosis littorum recessibus quasi membratim discerptæ, vel spatia patentia in immensum, quorum littora nullis incisa angulis ambit sine anfractu Oceanus» (p. 81 et 182). Sobre la relacion de estension de las costas con la superficie de los continentes, relacion que permite juzgar de una manera general hasta qué punto es accesible el interior de los mismos, véanse los *Annalen der Erdkunde* de Berghaus, t. XII, 1835, p. 490, y *Physikal Atlas*, 1839, n.° III, p. 69.

(43) Pág. 272.—Strabon, l. II, p. 126, ed. Casaub.

(44) Pág. 272.—Plinio ha dicho hablando de Africa (l. V. c. I.): «Nec alia pars terrarum pauciores recipit sinus.» La pequeña península Transgangética, con su figura triangular nos ofrece una tercera forma muy análoga á las de Africa y América del Sud. La idea de una cierta *regularidad* en la configuracion de la tierra firme ha reinado en la antiguedad griega. Creíase entonces que habia cuatro grandes golfos, entre los cuales el golfo Pérsico y el mar de Hircania (mar Caspio) debian ser opuestos el uno al otro (Arriano, l. VII, c. 16; Plutarco, *Vie d'Alexandre*, c. 44: Dionys el Periégeto, v. 48 y 630, p. 11 y 38, Bernh). Aun mas: habia

cuatro golfos en la superficie de la Luna, como reflejo de las grandes formas de la superficie terrestre. Véase sobre esta fantástica concepcion de Agesianax, Plutarco, *de Facie in Orbe Lunæ*, p. 921, 19. Es preciso leer en Macrobio, *Comm. in Somnium Scipionis*, l. II, c. 9., la descripcion de la *terra quadrifida*, ó de los cuatro continentes dispuestos dos á dos, al Norte y al Sud del Ecuador. Yo he sometido esta parte de la geografía antigua á una nueva y profunda discusion, á fin de separarla de la inestricable confusion á que habia sido abandonada; véase mi *Exámen crit. de l'Hist. de la Geogr.*, t. I, p. 119, 145, 180-185, y mi *Asie centrale*, t. II. p. 172-178.

(45) Pág. 272.—Fleurieu, en el *Voyage de Marchand autour du monde*, t. IV, p. 38-42.

(46) Pág. 273.—Humboldt, en el *Journal de Physique*, 1799, et. LIII, p. 33, y *Relat. hist.*, t. II, p. 19, t. III, p. 189 y 198.

(47) Pág. 273.—Humboldt, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XL, p. 171. El dédalo de Fiords que se estiende al Sud-este de la América, ha sido descrito por Darwin en su *Journal (Narrative of the voyages of the Adventure and Beagle*, t. III), 1839, p. 266. El paralelismo de las dos cadenas se mantiene desde el 5° de latitud boreal, hasta el 5° de latitud austral. El cambio de direccion que la costa presenta hácia Africa, parece ser consecuencia de un cambio análogo en la inmensa hendidura sobre la cual se ha levantado la *Cordillera de los Andes*.

(48) Pág. 275.—De la Bèche, *Sections and Views illustrative of geological Phenomena*, 1830, tab. 40; Charles Babbage, *Observations on the Temple of Serapis at Pozzuoli, near Naples, and on certain causes wich may produce geological Cycles of great extent*, 1834. «Si la temperatura de una capa de asperon de 8000 metros de espesor aumenta, en 55° la superficie de esta capa dilatada se elevará á 7 m. Lo contrario tiene lugar en las capas arcillosas; su calentamiento produce una contraccion, y por consiguiente una depresion del suelo. Véanse los cálculos que Bischof ha hecho sobre la elevacion secular de Suecia, suponiendo que la temperatura de una capa de 45500 m. de espesor aumente en 3° Reaumur (*Wärmelehre*, etc., p. 303).

(49) Pág. 276.—«Se ha supuesto hasta el presente que la pesantez permanece invariable en cada uno de los puntos de la superficie terrestre; pero desde que se ha comprobado un levantamíento gradual sobre grandes estensiones de dicha superficie, esta hipótesis en apariencia tan sólidamente asentada, ha llegado á ser incierta en algun modo.» Bessel, *über Mass und Gewicht*, en el *Jahrbuch* de Schumacher para 1840, p. 134.

(50) Pág. 276.—Leopoldo de Buch. *Reise durch Norwegen und Schweden*, 2.ª parte (1810), p. 389. Cf. Hallstrœm en los *Kongl. Vetenskaps-Academiens Handlingar* (Stokolmo), 1823, p. 30; Lyell, en las *Philos. Transact.* for 1835, p. 1; Blom, *Stat. Beschreib, von Norwegen*, 1843, p. 86-116. Desde 1802, antes de la publicacion del viaje de Leopoldo de Buch á la Escandinavia, aunque despues de la época del viaje mismo, Playfair presumia que el nivel del mar no bajaba, sino que subia el suelo de la Suecia. (*Illustrations of the Huttonian Theory*, § 393); segun Keilhau (*Om Landjordens Stigning in Norge*, en el *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*), Playfair, á su vez, era precedido en este órden de ideas por el Danes Jessen. Debemos añadir que estas opiniones no han ejercido influencia alguna sobre el progreso de la física del globo, ni sobre los trabajos del gran geólogo aleman para quien fueron completamente desconocidas. En una obra titulada: *Kongeriget Norge fremstillet efter dets naturlige og borgerlige Tilstand*, 1763, Jessen trató de profundizar las causas de las variaciones que esperimenta la diferencia de nivel del mar y de la tierra firme, tomando por base las antiguas determinaciones de Celsius, de Kalm y de Dalin. Despues de haber empezado por aserciones erróneas sobre la facultad que atribuye á las piedras y á las rocas de crecer como por intususcepcion, se inclina finalmente á una hipótesis mas racional, y considera como consecuencia de los temblores de tierra, la elevacion gradual del suelo. «Aunque el terremoto (en Egersund) no haya producido levantamiento de este género, es posible, dice Jessen, que las sacudidas preparasen las vias á la accion de algunas otras causas.»

(51) Pág. 276.—Berzelius, *Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissensch.*, n.º 18, p. 686. La isla de Bornholm y la de Saltholm, situadas en frente de Copenhague, se elevan muy lentamente, tanto que la elevacion de Bornholm es apenas de un tercio de metro por siglo. Véase Forchhammer, en las *Philos. Magazine*, 3.ª série, t. II, p. 309.

(52) Pág. 276.—Keilhau, en el *Nyt Mag. for Naturvid.*, 1832, t. I, p. 105-254; t. II, p. 57; Bravais, *sur les lignes d' ancien niveau de la mer*, 1843, p. 15-40. Cf. tambien Darwin, *On the parallel roads of Glen-Roy and Lochaber*, en las *Philos. Transact.*, for 1839, p. 60.

(53) Pág. 277.—Humboldt, *Asie centrale*, t. II, p. 309-324; t. III, p. 549-551. La depresion del Mar Rojo ha sido determinada sucesivamente por las medidas barométricas del conde Bertou, por las mucho mas exactas de Russegger, y por las operaciones trigonométricas del teniente de navio Symond. Esta última medida, segun una carta dirigida por Alderson á la Sociedad geográfica de Lóndres (esta carta me fue comunicada por mi amigo el capitan Washington), dió 489 m. para la diferencia de

altura entre el nivel del Mar Muerto y la casa mas alta de Jaffa. Alderson creia en aquella época (28 nov. 1841). que el Mar Muerto estaba á 427 m. debajo del Mediterráneo. En una comunicacion mas reciente del teniente Symond (Jameson's, *Edinb*, *New Philos. Journal*, 1843, t. XXXIV, p. 178), se fija el resultado definitivo de dos medidas trigonométricas perfectamente de acuerdo, en 400 metros.

(54) Pág. 278.—Véase acerca de la movilidad del mar Caspio, *l' Asie centrale*, t. II, p. 283-294. En 1830 la Academia imperial de Ciencias de San Petersburgo comisionó, á peticion mia, al sabio físico Lenz para colocar señales fijas en la península de Abschéron, cerca de Bakou, á fin de indicar el nivel medio de las aguas en un tiempo determinado. Asimismo, insisti en 1839, por apéndice, á las instrucciones dadas al capitan Ross para la espedicion antártica, en la necesidad de establecer á orillas del mar austral, ciertas señales en las rocas, semejantes á las que existen en la Suecia en las playas del mar Caspio. Si se hubiese tomado esta medida con motivo de los primeros viajes de Cook y de Bougainville, sabríamos hoy si el cambio secular del nivel relativo de las aguas y de las tierras, es un fenómeno general ó un hecho puramente local, y si hay una ley fija que regule la direccion de los puntos que se levantan ó bajan simultáneamente.

(55) Pág. 278.—Acerca del hundimiento ó elevacion del fondo del mar del Sud, y las diversas «áreas of alternate movements,» véase Darwin's *Journal*, p. 557 y 561-566.

(56) Pág. 280.—Humboldt, *Relat. hist.*, t. III, p. 232-234. Véanse tambien las ingeniosas notas acerca de la configuracion de la tierra y la disposicion de las líneas de elevacion, de Alberto de Roon, *Grundzüge der Erd-völker und Staatenkunde*, 1.ª parte, 1837, p. 158, 270 y 276.

(57) Pág. 281.—Leopoldo de Buch, *über die Geognostischen Systeme von Deutschland*, en sus *Geognost. Briefen an Alexander von Humboldt*, 1824, p. 265-271; Élias de Beaumont, *Recherches sur les révolutions de la surface du globe*, 1829, p. 297-307.

(58) Pág. 281.—Humboldt, *Asie centrale*, t. I, p. 277-283. Véase tambien mi *Essai sur le gisement des Roches*, 1822, p. 57, y mi *Relat. hist.*, t. III, p. 244-250.

(59) Pág. 282.—*Asie centrale*, t. I, p. 284-286. El mar Adriático sigue igualmente la direccion del Sud-este al Nor-oeste.

(60) Pág. 282.—Véase, *de la Hauteur moyenne des Continents*, en mi *Asie centrale*, t. I, p. 82-90 y 165-189. Los resultados obtenidos por mí, deben considerarse como *números límites*. Laplace estima en 1000 metros, la altura media de los continentes; pero este número es por lo menos tres veces mayor del real. El inmortal geómetra llegó á esta conclusion, por ciertas consideraciones hipotéticas sobre la profundidad media de los mares. (*Mécanique céleste*, t. V, p. 14). He demostrado en el *Asie centrale*, t. I, p. 93, que ya los matemáticos de la escuela de Alejandría habian creido que esta profundidad de los mares estaba determinada por la altura de las montañas. (Plutarco, *Vie de Paul Émile*, c. 15). La altura del centro de gravedad de las masas continentales sufre verdaderamente débiles variaciones en el transcurso de los siglos.

(61) Pág. 283.—*Deuxième Lettre géologique d' Élie de Beaumont á Alexandre de Humboldt*, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXV, p. 1-58.

(62) Pág. 284.—Humboldt, *Relat. hist.*, t. III, c. XXIX, p. 514-530.

(63) Pág. 285.—Véase la série de observaciones que he hecho en el mar del Sud desde 0° 5′ hasta 13° 16′ de latitud boreal, en el *Asie centrale*, t. III, p. 354.

(64) Pág. 285.—Se podrá acometer con éxito (para la temperatura del Océano entre los trópicos) una cuestion capital hasta ahora indecisa: la de la constancia de las temperaturas terrestres; sin ocuparse de las influencias locales, circunscritas muy naturalmente, procedentes del desmonte de las llanuras y de las montañas y del desecamiento de los lagos y pantanos. Cada siglo legando á los venideros algunas cifras muy fáciles de obtener dará quizás el medio mas sencillo, mas exacto y mas directo para decidir si el sol, fuente hoy primera y casi esclusiva del calor de nuestro globo, cambia de constitucion física y de brillo, como la mayor parte de las estrellas, ó si por el contrario este astro ha llegado á un estado permanente. Arago en los *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, t. XI, P. 2 p, 309.

(65) Pág. 286.—Humboldt, *Asie centrale*, t. II, p. 321 y 327.

(66) Pág. 286.—Véanse los resultados numéricos en la misma obra, t. II, p. 328-333. Una nivelacion geodésica que mi antiguo amigo el general Bolivar hizo ejecutar á mis ruegos en 1828 y 1829, á Lloyd y Falmarc, ha probado que el nivel del mar del Sud está á lo mas 1 metro por debajo del nivel del mar de las Antillas, y además, que uno de estos dos

mares es tanto mas alto ó bajo que el otro segun las horas de sus respectivas mareas. Ahora bien, como la nivelacion ha sido efectuada sobre una línea de 12 miriámetros, empleando 933 veces el nivel, y en otros tantos apostaderos, es fácil comprender que el error, si le hay, en el resultado final, no puede pasar de 1 metro, debiendo considerarse este resultado como una nueva prueba del equilibrio de las aguas que se comunican hácia el cabo Horn (Arago, ***Annuaire du Bureau des Longitudes*** para 1831, p. 319). Creí reconocer ya en 1799 y 1804 por mis observaciones barométricas, que si existia una diferencia entre el nivel del mar del Sud, y el del mar de las Antillas, esta diferencia no podia pasar de 3 metros. Véase mi ***Relat. Hist.***, t. III, p. 555-557 y los ***Annales de Chimie***, t. I, p. 55-64. Las medidas que dan un esceso de altura á las aguas del golfo de Méjico, y á las de la parte septentrional del mar Adriático (combinando las operacioues trigonométricas de Delcros y de Choppin con las de los ingenieros suizos y austriacos) no merecen gran confianza en este punto A pesar de la forma del mar Adriático es harto inverosímil que el nivel de la parte septentrional esté 8 m., 4 mas alto que el nivel del mediterráneo en Marsella y 7 m., 6 mas que el Océano Atlántico. Véase mi ***Asie Centrale***, t. II, p, 332.

(67) Pág. 287.—Bessel, ***über Fluth und Ebbe***, en el ***Jahrbuch*** de Schumacher para 1838, p. 225.

(68) Pág. 288.—La densidad del agua del mar depende á la vez de la temperatura y del grado de salazon; elemento en que no se ha fijado bastante la atencion al investigar las causas que producen las corrientes. La corriente sub-marina que trae hácia el ecuador las aguas frias de las regiones circumpolares, seguiria una direccion diametralmente opuesta, iria del ecuador á los polos, si las diferencias de salazon obrasen solas. Bajo este punto de vista la ***distribucion geográfica*** de la temperatura, y de la densidad de las aguas del mar, es de una alta importancia. Las numerosas observaciones de Lenz (***Poggend. annalen***,, t. XX, 1830, p. 129), y las que se han recogido durante los viajes del capitan Beechey (***Voyage to the Pacific***, t. II, p. 727), merecen una atencion particular. Cf. Humboldt, ***Relat. hist.***, t. I, p. 74, y ***Asie centrale***, t. III, p. 356.

(69) Pág. 289.—Humboldt, ***Relat. hist.***, t. I, p. 64, ***Nouvelles Annales des Voyages***, 1839, p. 255.

(70) Pág. 289.—Humboldt, ***Examen crit. de l'Hist. de la Géogr.***, t. III, p. 100. Colon añade: «En ninguna parte es mas fuerte este movimiento que en el mar de las Antillas,» (Navarrete, ***Coleccion de los viajes y descubrimientos de los Españoles***, t. I, p. 260). Y en efecto, Rennell llama á esta re-

gion «not a current, but a sea in motion.» (*Investigation of Currents*, p. 23).

(71) Pág. 289.—Humboldt, *Examen critique*, t. II, p. 250. *Relat. hist.*, t. I, p. 66-74.

(72) Pág. 289.—Petrus Martyr de Angleria, *de Rebus Oceanicis et Orbe Novo*, Bas. 1523, Dec. III, libr. VI, p. 57. Cf. Humboldt, *Examen critique*, t. II, p. 254-257, y t. III, p. 108.

(73) Pág. 289,—Humboldt, *Examen critique*, t. III, p. 64-109.

(74) Pág. 293.—Esta voz misteriosa le decia: «Maravillosamente Dios hizo sonar tu nombre en la tierra: de los atamientos de la mar Oceana, que estaban cerrados con cadenas tan fuertes, te dió las llaves.» Colon cuenta este sueño en su carta al rey de España, fecha 7 de julio de 1503. (Humboldt *Examen critique*, t. III, p. 234).

(75) Pág. 294.—Boussingault. *Recherches sur la composition de l'Atmosphère*, en los *Annales de Chimie et de Physique*, t. LVII, 1834, p. 171-173. Segun Boussingault y Lewy la proporcion de ácido carbónico contenida en la atmósfera de Andilly, por consiguiente lejos de las emanaciones de las ciudades, oscila solamente entre 0,00028 y 0,00031 de volúmen.

(76) Pág. 294.—Liebig, en su importante obra: *Die organische Chemie in ihrer Auwendung aut Agricultur und Physiologie*, 1840, p. 64-72. Acerca del papel que juega la electricidad atmosférica en la produccion del nitrato de amoniaco, el cual se trasforma en ácido carbónico por el contacto con la cal, véase Boussingault, *Economie rurale consideree dans ses rapports avec la Chimie et la Meteorologie*, 1844, t. II, p. 247 y 697. Véase tambien t. I, p. 84,

(77) Pág. 294.—Lewy. *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. XVII, B. 2.ª parte, p. 235-248.

(78) Pág. 294.—J. Dumas, *Annales de Chimie*, 3.ª série, t. III, 2.ª parte, p. 257.

(79) Pág. 294.—He omitido en esta enumeracion el ácido carbónico que exhalan las plantas durante la noche, al mismo tiempo que absorben el oxígeno, porque esta emision de ácido carbónico está suficientemente compensada por el acto de la respiracion de los vegetales durante el dia.

Cf. Boussingault, *Economie rurale*, t. I, p. 53-68. Liebig, *Chimie organique*, p. 16 y 21.

(80) Pág. 295.—Gay-Lussac, en los *Annales de Chimie*, t. LIII, p. 120; Payen, *Mémoire sur la composition chimique des végétaux*, p. 36 et 42; Liebig, *Organische Chemie*, p. 299-325. Boussingault, *Economie rurale*, t. I, p. 142-153.

(81) Pág. 296.—Aplicando las fórmulas que Laplace habia comunicado á la Comision de longitudes poco tiempo antes de su muerte, Bouvard encontró en 1827 que la parte de las variaciones horarias de la presion atmosférica que depende de la atraccion de la luna, no podria aumentar en Paris la altura del mercurio en el barómetro, mas de 0,018 de milímetro; en tanto que despues de once años de observaciones hechas en Paris, la oscilacion media del barómetro era de 0,756 de milímetro, desde las 9 de la mañana á las 3 de la tarde, y de 0,373 de milímetro de las 3 de la tarde á las 9 de la mañana. Véase *Mémoires de l'Acad. des Sciences*, t. VII, 1827, p. 267.

(82) Pág. 297.—*Observations faites pour constater la marche des variations horaires du barométre sous les Tropiques*, en mi *Relation historique du Voyage aux Régions équinoxiales*, t. III, p. 270-313.

(83) Pág. 297.—Bravais, en Kæmtz y Martins, *Meteorologie*, p. 263. En Halle (lat. 51° 29′), la amplitud de la oscilacion es tambien de 0,631 de milímetro. En las montañas de las zonas templadas, la determinacion exacta de las horas del máximum y del mínimum exige una larga série de observaciones. Cf. las observaciones de las variaciones horarias que se han recogido en 1832, 1841 y 1842, en la cima del Faulhorn, en Martins, *Meteorologie*, p. 254.

(84) Pág. 298.—Humboldt, *Essai sur la Geographie des plantes*, 1807, p. 90; *Relat. hist.*, t. III, p. 313; y sobre la disminucion de la presion atmosférica en las regiones intertropicales del Océano Atlántico, véase Poggendorff's *Annalen*, t. XXXVII, p. 245-258, y p. 468-486.

(85) Pág. 298.—Daussy, en los *Comptes rendus*, t. III, p. 156.

(86) Pág. 298.—Dove, *über die Stürme*, en los *Annalen* de Poggendorff, t. LII, p. primera.

(87) Pág. 299.—Leopoldo de Buch, *Barometrische Windrose*, en las *Mém de l'Acad. de Berlin*, 1818, 1819, p. 187.

(88) Pág. 299.—Dove, *Meteorologische Untersuchungen*, 1837, p. 99-343; véanse tambien las notas ingeniosas de Kœmtz sobre la corriente de Oeste superior que cae hácia las latitudes elevadas, y sobre los fenómenos generales de la direccion de los vientos, en las *Vorlesungen über Meteorologie*, p. 58-66, 196-200, 327-336, 353-364; Kœmtz, en el *Jahrbuch* de Schumacher para 1838, p. 291-302. Dove ha publicado una esposicion muy interesante de los principales fenómenos meteorológicos, en un opúsculo *Witterungsverhältnisse* von Berlin, 1842. La rotacion de los vientos fue conocida de los antiguos navegantes (Churruca, *Viaje al Magallanes*, 1793, p. 15); acerca de una frase notable de Cristóbal Colon que nos ha conservado su hijo don Fernando Colon en la *Vida del Almirante*, c. 55, véase Humboldt. *Exámen critique de l'hist. de la Geographie*, t. IV, p. 253.

(89) Pág. 300.—*Monsum* (en malayo *musim*, el hippalus de los griegos), viene del árabe *mausim*, época fija, estacion, época en que se reunen los que emprenden la peregrinacion á la Meca. Esta palabra se ha aplicado á la estacion de los vientos regulares, los cuales toman su nombre específico de las regiones de donde soplan; asi se dice, el *mausim* de Aden, el *mausim* de Guzerate, del Malabar, etc. (Lassen, *indische Alterthums kunde*, t. I, 1843, p. 211). Acerca de la influencia contraria de la *base sólida* y de la *base liquida* sobre que descansa la atmósfera, véase Dove, en las *Mem. de l'Acad. de Berlin*, 1842, p. 239.

(90) Pág. 305.—Humboldt, *Recherches sur les causes des inflexions des lignes isothermes*, en *l'Asie centrale*, t. III, p. 103-114. 118. 122. 188.

(91) Pág. 306.—Jorge Forster, *Kleine Schriften*, 3.ª parte, 1794, p. 87; Dove, en el *Jahrbuch* de Schumacher para 1841, p. 289, Kœmtz, *Meteorologie*, t. II, p. 41, 43, 67 y 96; Arago, en los *Comptes rendus*, t. I, p. 268.

(92) Pág. 307.—Dante, *Divina comedia*, *Purgatorio*, canto III.

(93) Pág. 309.—Humboldt, *Sur les lignes isothermes*, en las *Mem. de Phys. et de Chim. de la Societé d'Arcueil*, t. III; París, 1817, p. 143-165; Knight, en las *Transact. of the horticul. Society of London*, t. I, p. 32; Watson, *Remarks on the geographical distribution of British Plants*, 1805, p. 60; Trevelyan, en el *New. Edimb. Philos. Journal* de Jameson, número 18, p. 154; Mahlmann, en su escelente traduccion alemana de mi *Asie centrale*, 2.ª parte, p. 60.

(94) Pág. 309.—«Hæc de temperie aeris, qui terram late circumfundit,

ac in quo, longe a solo, instrumenta nostra meteorologica suspensa habemus. Sed alia est caloris vis, quem radii solis nullis nubibus velati, in foliis ipsis et fructibus maturescentibus, magis minusve coloratis, gignunt, quemque, ut egregia demonstrant experimenta amicissimorum Gay-Lussacii et Thenardi de combustione chlori et hydrogenis, ope thermometri metiri nequis. Etenim locis planis et montanis, vento libere spirante, circumfusi aeris temperies eadem esse potest cœlo sudo vel nebuloso; ideoque ex observationibus solis thermometricis, nullo adhibito Photometro, haud cognosces, quam ob causam Galliæ septentrionalis tractus Armoricanus et Nervicus, versus littora cœlo temperato sed sole raro utentia; vitem fere non tolerant. Egent enim stirpes non solum caloris stimulo, sed et lucis, quæ magis intensa locis excelsis quam planis, duplici modo plantas movet, vi sua tum propria, tum calorem in superficie earum excitante.» (Humboldt, *de Distributione geographica plantarum*, 1817, p. 163-164).

(95) Pág. 310.—Humboldt, obra citada, p. 156-161; Meyen, *Grundriss der Pflanzengeographie*, 1836, p. 379-467, Boussingault, *Économie rurale*, t. II, p. 675.

(96) Pág. 310.—He colocado aquí un cuadro cuya escala decreciente representa las diferentes situaciones de la industria vinícola en Europa, y la degeneracion de sus productos en razon de los climas. Véase mi *Asie centrale*, t. III. p. 159. A los ejemplos citados en el testo del *Cosmos* acerca de la produccion del vino de Burdeos y de Potsdam, añado ahora los datos relativos á las riberas del Rhin y del Mein (lat 48° 35′—50° 7′). Por Cherburgo y Dublin, cuyos climas parecen diferenciarse muy poco de los del interior de la Europa continental, cuando se juzga por las indicaciones de un termómetro suspendido á la sombra, se ve que el estado habitualmente sereno ó nebuloso del cielo, puede influir sobre las producciones vegetales hasta el punto de adelantar ó retrasar la maduracion de los frutos.

LUGARES.	Latitud.	Altura en metros.	TEMPERATURAS MEDIAS DEL Año.	Invierno.	Primavera.	Estio.	Otoño.	Número de los años de observacion.
Burdeos. . . .	44° 50	8	13°,9	6°,1	13°,4	21°,7	14°,4	10
Estrasburgo. .	48 35	146	9,8	1,2	10,0	18,1	10,0	35
Heidelberg. . .	49 24	101	9,7	1,1	10,0	17,9	9,9	20
Manheim . . .	49 29	92	10,3	1,5	10,4	19,5	9,8	12
Wurtzburgo. .	49 48	172	10,1	1,6	10,2	18,7	9,7	27
Francfort sobre el Mein. . .	50 7	117	9,6	0,8	10,0	18,0	9,7	19
Berlin.	52 31	31	8,6	—0,6	8,1	17,5	8,6	22
Cherburgo (falta el vino)	49 39	0	11,2	5,2	10,4	16,5	12,5	3
Dublin.	53 23	0	9,5	4,6	8,4	15,3	9,8	13

La conformidad que los datos meteorológicos de los valles del Rhin y del Mein presentan entre sí, y en la manera de distribuirse el calor del año entre las diferentes estaciones, prueba la exactitud de las observaciones sobre que descansan estos datos. En el cuadro que antecede, el invierno comprende los meses de diciembre, enero y febrero, segun el uso adoptado con razon para todos los cuadros meteorológicos. Cuando se compara la calidad de los vinos de Franconia ó de los paises de las orillas del Báltico, con la temperatura media de los meses de verano y otoño en Wurtburgo y en Berlin, sorprende casi no hallar mas diferencias que de 1° á 1°,2, si bien las de la primavera son de 2°. La época de flores-

cencia de la viña durante los hielos tardíos de mayo, y despues de un invierno 2° tambien mas frio, es un elemento tan importante como puede serlo la época de la tarda maduracion de la uva, y la influencia de la luz solar directa y no difusa. La diferencia de que se habla en el testo, entre la temperatura verdadera superficial del suelo y los datos de un termómetro colocado á la sombra, ha sido estudiada por Dove, merced á observaciones recogidas durante quince años en un jardin de Chiswik, cerca de Londres. (*Bericht. über die Verhandlungen der Ber. Acad. der Wissensch*, agosto de 1844, p. 285).

(97) Pág. 311.—Cf. mi tratado *über die Hauptursachen der Temperatur vers chiedemheit auf der Erdobenflache*, en las *Mem. de la Acad. de Berlin*, 1827, p. 311.

(98) Pág. 312.—El suelo de la Siberia comprendido entre Tobolsk, Tomsk y Barnaul, desde el Altai hasta el mar Glacial, no es tan elevado como el de Manheim y Dresde, y aun el mismo Irkutsk situado al Este de Jenisei, está $^1/_3$ mas bajo que Munich, siendo su altura la de 405 m.

(99) Pág. 313.—Humboldt, *Recueil d'Observations astronomiques*, t. I, p. 126-140; *Relation historique*, t. I, p. 119, 141 y 227; Biot, en la *Connaissance des temps* para el año 1841, p. 90-109.

(100) Pág. 315 — Anglerius, *de Rebus Oceanicis*. dec. II, lib. II, p. 140 (ed. Col., 1574). En la Sierra de Santa Marta, cuyas mas altas cimas parecen esceder de 5800 m., uno de estos altos vértices lleva todavia el nombre de Pico de Gaira. Véase mi *Relation histor.*, t. III, p. 214.

(1) Pág. 316.—Véase mi tabla de las alturas de las nieves perpétuas en los dos hemisferios desde los 71° $^1/_4$ de latitud boreal hasta los 50° 54' de latitud austral, en el *Asie centrale*. t. III, p. 360.

(2) Pág. 317,—Darwin, *Journal of the voyages of the Adventure and Beagle*, p. 297. Como en esta época el volcan de Aconcagua no estaba en erupcion, la falta de las nieves (este fenómeno se presenta muchas veces en el Cotopaxi) no puede atribuirse á un calentamiento rápido del interior del cráter, ni á la emision de gases muy calientes á través de las hendiduras. (Gillies, en el *Journal of Nat. Sciences*, 1830, p. 316).

(3) Pág. 318.—Véase mi *Second Mémoire sur les Montagnes de l'Inde*, en los *Annales de Chimie et de Physique*, t. XIV, p. 5-55, y *Asie centrale*, t. III, p. 281-327. Los mas hábiles y esperimentados viajeros que han visitado

el Himalaya, que son: Colebrooke, Webb y Hogdson, Victor Jaquemont, Forbes Noyle, Cárlos de Hügel y Vigne, han confirmado todos el esceso de altura de las nieves en la vertiente tibetana, y sin embargo, el hecho ha sido puesto en duda por John Gerard, el geólogo Mac Clelland, editor del *Calcutta Journal*, y el teniente Thomas Hutton (Assistant Surveyor of the Agra division). La aparicion de mi obra acerca del Asia central ha reanimado este debate. En un número reciente del diario publicado en las Indias por Mac Clellan y Griffith (*the Calcutta Journal of natural history*, t. IV, 1844, January), se hallaba una noticia muy notable y decisiva de todo punto sobre los límites de las nieves del Himalaya. Batten (Bengal service) escribia desde el campamento de Semulka, á orillas del rio de Cosillah, en la provincia de Kumaon: «Acabo de leer con sorpresa las aserciones de Thomas Hutton acerca del limite de las nieves perpétuas. Deber mio es contradecirlas, máxime cuando veo que Mac Clelland llega hasta á hablar del servicio que Hutton acaba de prestar á las ciencias destruyendo un error generalmente esparcido (*Journal of the Asiatic Society of Bengal*, t. IX, Calcutta, 1840, p. 575, 578 y 580). No es exacto que cuantos viajeros han recorrido el Himalaya participen de las dudas de Hutton. Yo soy uno de los que han visitado con mas frecuencia la parte occidental de nuestra poderosa cadena. He ido por el Borendo-Pass al valle de Buspa y al bajo Kanawer, y he vuelto á las montañas de Gurwal atravesando la elevada garganta de Rupin. He llegado á las fuentes de Jumma, hácia Jumnotri, y de allí me he dirigido á las afluencias del Ganges, de Mundakni y de Wischnu-Aluknunda, hácia Kadarnath, y el célebre pico nevado de Nundidevi. He atravesado diferentes veces el Niti-Pass para llegar á la meseta tibetana. Yo mismo he fundado el establecimiento de Bhote-Mehals; la situacion de mi morada en medio de las montañas me ha puesto desde seis años á esta parte en comunicacion habitual con los viajeros europeos é indígenas, de los cuales he obtenido las mejores noticias acerca del aspecto del país. Todos los documentos que he logrado reunir, así en mis viajes ó por mis relaciones personales, me llevaron al convencimiento en una cosa que estoy decidido á sostener, y es, *que en el Himalaya, el límite de las nieves perpétuas está mas alto en la vertiente septentrional (tibetana), que en la vertiente meridional (indica)*. Hutton se sale de la cuestion creyendo que rebate las conclusiones de Humboldt acerca del fenómeno condenado en su generalidad; y lo que realmente impugna es una idea por él mismo forjada; trata de probar, y no tenemos inconveniente en concedérselo, que en *ciertas montañas* del Himalaya, la nieve ha podido durar mucho mas tiempo en la vertiente del Norte que en la del Sud.» (Cf. tambien la nota 5 de la p. 9.) Si la altura media de la meseta tibetana es de 3500 m., podemos compararla á la meseta fertil de Caxamarca en el Perú; pero aun esta evaluacion la coloca á 400 m. por debajo de la meseta de Bolivia, en que

se encuentra el lago Titicaca, y del pavimento de las calles de la ciudad del Potosí. Segun el cálculo deducido por Vigne del punto de ebullicion del agua, la altura de Ladak es de 3046 m. Esta altura es tambien probablemente la del H'Lassa (Youl-Soung), ciudad enteramente monástica, rodeada de viñas y llamada por los escritores chinos *Reino de la alegria*; quizás están situadas estas viñas en cañadas muy profundas.

(4) Pág. 318.—Véase Dove, *Meteorologische Vergleichung von Nordamerika und Europa*, en el *Jahrbuch* de Schumacher para 1841, p. 311 y *Meteorologische Untersuchungen* del mismo autor, p. 140.

(5) Pág. 319.—El agua de lluvia que ha caido en Paris desde 1805 á 1822, es de 507 milímetros por término medio, segun Arago; en Lóndres, desde 1812 á 1827, de 632 milímetros; en Ginebra, por término medio de veinte y tres años de observacion, de 776 milímetros. En las costas del Hindostan, la cantidad anual de agua de lluvia varía entre 2924 y 3248 milímetros; en Cuba, el año de 1821, no cayó menos de 3600 milímetros. Véase acerca de la distribucion de la cantidad de agua de lluvia, segun las estaciones en la Europa central, las escelentes observaciones de Gasparin, de Schouw y de Bravais, en la *Bibliotheque universelle*, t. XXXVIII, p. 54 y 264; *Tableau du climat de l'Italie*, p. 76, y las notas con que ha enriquecido Martins su bella traduccion francesa de Kæmtz, *Cours complet de Météorologie*, p. 142.

(6) Pág. 319.— Segun Boussingault (*Économie rurale*, t. II, p. 693) la cantidad de lluvia en Marmato (lat. 5° 27′, altura 1425 m, temperatura media 20° 4) fué en 1833 y en 1834, de 1629 milímetros por término medio de los dos años, en tanto que en Santa Fé de Bogotá (lat. 4.° 26′, altura 2647 m., y temperatura media 14° 5) no fué mas que de 1004 milímetros.

(7) Pág. 320.—Para el detalle de esta observacion, véase mi *Asie centrale*, t. III, p. 85-89 y 567; acerca del estado higrométrico de la atmósfera en las bajas llanuras de la América del Sud, véase mi *Relat. hist.* t. I, p. 242-248, t. II, p. 45 y 164.

(8) Pág. 320.— Kæmtz, *Vorlesungen über Metereologie*, p. 117.

(9) Pág. 321.—Acerca de la electricidad que proviene de la evaporacion á una temperatura elevada, véase Peltier, en los *Annales de Chimie*, t. LXXV, p. 330.

(10) Pag. 321.—Pouillet, en los *Annales de Chimie*, t. XXXV, p. 405.

(11) Pág. 321.—De la Rive, en su escelente *Essai historique sur l'Électricité*, p. 140.

(12) Pág. 321.— Peltier, en los *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. XII, p. 307; Becquerel, *Traité de l,Électricité et du Majnétisme*, t. IV, p. 107.

(13) Pág. 321.—Duprez, *sur l'Électricité de l'air* (Bruselas, 1844, p. 56 y 61).

(14) Pág. 322.—Humboldt, *Relat. historique*, t. III, p. 318. No hablo aquí sinó de las investigaciones que he hecho con un electro-metro de Saussure, armado de un conductor metálico de un metro de longitud, investigaciones en las que el electro-metro no sufria movimiento alguno, de alto á abajo, ni de abajo arriba, ni tenia tampoco el conductor una esponja empapada en alcohol inflamado. Aquellos de mis lectores, que están al tanto de los puntos controvertidos en la actualidad, acerca de la teoría de la electricidad atmosférica, comprenderán el objeto de esta restriccion. En cuanto á la formacion de las tempestades bajo los trópicos, véase mi *Relat. histor.*, t. II, p. 45, 202 y 209.

(15) Pág. 322.—Gay-Lussac, en los *Annales de Chimie et de Physique*, t. VIII, p. 167. La falta de conformidad que reina entre las opiniones de Lamé, de Becquerel y de Peltier, no permiten apenas decidir aun acerca de la causa de la distribucion específica de la electricidad en las nubes, cargadas las unas de electricidad positiva y las otras de electricidad negativa. La electricidad negativa que se desarrolla en el aire, cerca de las cascadas, donde el agua está reducida incesantemente á fino polvo, es un fenómeno sorprendente en estremo, que ha sido descubierto, en primer lugar por Tralles, y que he tenido frecuente ocasion de comprobarlo bajo latitudes muy diferentes; sus efectos son aun sensibles á 100 y aun á 130 metros de distancia con un buen electro-metro.

(16) Pág. 322.—Arago, *Annuaire du Bureau des Longitudes pour*, 1838, p. 246.

(17) Pág. 323.—La misma obra, p. 249-266; cf., p. 268-279.

(18) Pág. 323.—La misma obra, p. 388-391. El acadámico Bær, que ha contribuido tanto al progreso de la meteorología del Norte del Asia,

no tuvo en cuenta la escesiva rareza de las tempestades en Irlanda y en la Groenlandia; dice solamente que se ha oido tronar alguna vez en la Nueva-Zembla y en Spitzberg (*Bull de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*; mayo de 1839.)

(19) Pág. 325.—Kæmtz, en el *Jahrbuch* de Schumacher, para 1838, p. 285. Acerca de la comparacion de las leyes de la distribucion del calor al Este y al Oeste en Europa y en la América del Norte, véase Dove, *Repertorium der Physik.*, t. III, p. 392-395.

(20) Pág. 328.—*L'Histoire des Plantes*, trazada con tanto talento por Endlicher y Unger (*Grundzüge der Botanik.*, 1843; p. 449-468) habia sido distinguida de la *Geographie des plantes*, medio siglo antes, en los aforismos de mi *Flora subterránea*: « Geognosia naturam animantem et inanimam vel, ut vocabulo minus apto, ex antiquitate saltem haud petito, utar, corpora organica æque ac inorganica considerat. Sunt enim tria quibus absolvitur capita: Geographia oryctologica quam simpliciter geognosiam vel geologiam dicunt, virque acutissimus Wernerus egregie digessit; Geographia zoologica, cujus doctrinæ fundamenta Zimmermannus et Treviranus jecerunt; et Geographia plantarum quam æquales nostri diu intactam reliquerunt. Geographia plantarum vincula et cognationem tradit, quibus omnia vegetabilia inter se connexa sint, terræ tractus quos teneant, in aerem atmosphæricum quæ sit eorum vis ostendit, saxa atque rupes quibus potissimum algarum primordiis radicibusque destruantur docet, et quo pacto in telluris superficie humus nascatur commemorat. Est itaque quod differat inter geographiam et physiographiam, *historia naturalis* perperam nuncaupatam, quum Zoognosia, Phytognosia et Oryctognosia, quæ quidem omnes in naturæ investigatione versantur, non nisi singulorum animalium, plantarum, rerum metallicarum vel (venia sit verbo) fossilium formas, anatomen, vires scrutantur. Historia telluris, Geognosiæ magis quam Physiographiæ affinis, nemini adhuc tentata, plantarum animaliumque genera orbem inhabitantia primævum, migrationes eorum compluriumque interitum, ortum quem montes, valles, saxorum strata et venæ metalliferæ ducunt, aerem, mutatis temporum vicibus, modo purum, modo vitiatum, terræ superficiem humo plantisque paulatim obtectam, fluminum inundantium impetu denuo nudatam, iterunque siccatam et gramine vestitam commemorat. Igitur Historia zoologica, Historia plantarum et Historia oryctologica, quæ non nisi pristinum orbis terræ statum indicant, a geognosia probe distiguendæ. » (Humboldt, *Flora Fribergensis subterranea cui accedunt aphorismi ex Physiologia chemica plantarum*, 1793, p. IX-X.

Acerca de los movimientos espontáneos, de que se habla mas abajo en el testo, Cf., un pasaje notable de Aristóteles (*de Calo*, l. II, c. 2, p. 284;

ed. Bekker), donde la distincion entre los cuerpos animados y los inanimados está deducida del modo de determinacion del movimiento, ya sea interior, ya esterior. «El alma nutritiva de los vegetales, dice el Estagirita, no produce ningun movimiento, porque está sumida en un letargo del que nada puede sacarla» (Aristóteles, *de Generat. animal.*, l. V, c. I. p. 778; ed. Bekker), y en otra parte «no tienen ningun deseo que las invite á producir movimientos por sí mismas.» (Aristóteles, *de Somno et Vigil.*; c. I, p. 455; ed. Bekker.)

(21) Pág. 331.—Memoria de Ehrenberg, *über das kleinste Leben im Ocean.* leida en la *Acad. des Sciences de Berlin*, el 9 de mayo de 1844.

(22) Pág. 333.—Humboldt, *Tableaux de la Nature.*

(23) Pág. 332.—Acerca de la multiplicacion por la division espontánea del cuerpo generador, y por la intercalacion de una nueva sustancia, véase Ehrenberg, *von den jetzt lebenden Thierarten der Kreidebildung*, en las *Mémoires de l'Academie des Sciences de Berlin*, 1832, p. 94. La mayor facultad generatriz en la naturaleza es la de los Vorticellos. Se halla la evaluacion del máximum de rapidez que puede afectar el desarrollo de su masa, en la gran obra de Ehrenberg, titulada: *die Infusionsthierchen als vollkommne Organismen*, 1838, p. XIII, XIX y 244. «La via láctea de esos organismos está formada de las especies *Monas*, *Vibrio*, *Bactrium* y *Bodo*.» La vida está repartida en la naturaleza con tal profusion, que pequeños infusorios viven como parásitos sobre otros infusorios mayores, y los primeros sirven, á su vez, de habitacion á otros infusorios todavía mas diminutos; véase p. 194, 211 y 512.

(24) Pág. 332.—Aristóteles, *Hist. animal*, l. V. c. 19, p. 552; ed. Bekker.

(25) Pág. 333.—Ehrenberg, obra citada, p. XIV, 122 y 493. A la multiplicacion rápida de los animalillos microscópicos, se añade en algunos (anguilas de trigo, infusorios circulares, osos de agua ó tardígrados) una maravillosa vitalidad. Despues de haberlos desecado durante 28 dias en el vacío, valiéndose del cloruro de cal, y del ácido sulfúrico, y de tenerlos espuestos á una temperatura de 120°, estos infusorios han podido volver á la vida y salir de su letargo. Véanse las bellas investigaciones de M. Doyère en su memoria *sur les Tardigrades, et sur leur proprieté de revenir á la vie*, 1842, p. 119, 129, 131 y 133. Cf. en general, acerca de la resurreccion de los infusorios desecados durante años enteros, Ehrenberg, p. 492, 496.

(26) Pág. 333.—Acerca de la presuuta «transformacion primitiva» de la materia orgánica ó inorgánica en plantas y en animales, Cf. Ehrenberg, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXIV, p. 1-48; y el mismo autor *Infusionsthierchen*, p. 121 y 525; y Juan Müller, *Physiologie des Menschen* (4.ª ed., 1844), t. I, p. 8-17. Me parece verdaderamente notable que al tratar San Agustin la cuestion de cómo pudieron recibir las islas, despues del diluvio, nuevas plantas y nuevos animales, no se manifieste muy distante de admitir la idea de una generacion espontánea (*generatio æquivoca, spontanea aut primaria*). «Si los ángeles ó los cazadores de los continentes, dice este Padre de la Iglesia, no han transportado animales á estas islas apartadas, es preciso convenir en que los ha engendrado la Tierra; pero entonces, ¿á qué fin, encerrar en el arca, animales de todas las especies?» Si e terra exortæ sunt (bestiæ) secundum originem primam, quando dixit: *Producat terra animam vivam*! multo clarius apparet, non tam reparandorum animalium causa, quam figurandarum variarum gentium (?) propter Ecclesiæ sacramentum in Arca fuisse omnia genera, si in insulis, quo transire non possent, multa animalia terra produxit (Augustinus, *de Civitate Dei*, l. XVI, c. 7, t. VII; Venet, 1732, p. 422, de la edicion de los Benedictinos).

Dos siglos antes del obispo de Hipona hallamos ya establecida en Trogo-Pompeyo, entre el desecamiento primitivo del mundo antiguo, de la meseta asiática y la generacion espontánea, una conexion semejante á la que se observa en la teoría del gran Linneo acerca del Paraiso Terrenal, y los delirios del siglo XVIII, sobre la Atlántida fabulosa. «Quod si omnes quondam terræ submersæ profundo fuerunt, profecto editissimam quamque partem decurrentibus aquis primum detectam; humillimo autem solo eamdem aquam diutissime immoratam, et quando prior quæque pars terrarum siccata sit, tanto prius animalia generare cœpisse. Porro Scythiam adeo editiorem omnibus terris esse, ut cuncta flumina ibi nata in Mæotim, tum deinde in Ponticum et Ægyptium mare decurrant» (Justino, l. II, c. I).

La opinion equivocada que hace de la Scitia una meseta elevada, es muy antigua; la encontramos ya claramente indicada en Hipócrates (*de aere, loci et aquis*, c. 6. §. 96, edic. de Coray). «La Scitia, dice, forma una llanura alta y seca que sin estar coronada de montañas, va siempre elevándose hácia el Norte.»

(27) Pág. 334.—Humboldt, *Aphorismi ex Physiologia chemica plantarum*, en la *Flora Fribergensis subterranea*, 1793, p. 178.

(28) Pág. 334.—Acerca de la fisonomía de los vejetales, véase Humboldt, *Tableaux de la nature*, t. II, 1851, p. 1-243.

(29) Pag. 335.—*Ætna Dialogus* (*Opuscula*, Basil, 1556, p. 53-54). En estos últimos tiempos, Philippi ha publicado una bella geografía de las plantas del Etna. Véase *Linnœa*, 1832, p. 73.

(30) Pág. 336.—Ehrenberg, en los *Annales des sciences naturelles*, t. XXI, p. 387-412; Humboldt, *Asie centrale*, t. I, p. 339-342; t. III, p. 96-104.

(31) Pág. 337.—Schleiden, *über die Entewickelung der Pflanzenzellen*, en Müller's *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 1838, p. 137-176; y *Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik*, 1.ª parte, p. 191; 2.ª parte, p. 11; Schwann, *mikroskopische Untersuchungen über die Ubereinstimmung in der Struktur und dem Wachstkum der Thiere und Pflanzen*, 1839, p. 45 y 220. Cf. J. Müller, *Physiologie des Menschen*, 1840, 2.ª parte, p. 614.

(32) Pág. 338.—Scheleiden, *Grundzüge der Botanik*, 1842, P. I, p. 192-197.

(33) Pág. 339.—Tácito, en sus consideraciones sobre la poblacion de la Bretaña, (*Agricola*, c. 2). distingue perfectamente, lo que puede provenir de las influencias del clima, de lo que entre las tribus llegadas de afuera, pertenece por el contrario al antiguo é inmutable poder del tipo hereditario: «Britanniam qui mortales initio coluerunt, indigenæ an advecti, ut inter barbaros, parum compertum. Habitus corporis, atque ex eo argumenta; namque rutilæ Caledoniam habitantium comæ, magni artus Germanicam originem adseverant. Silurum colorati vultus et torti plerumque crines, et posita contra Hispania. Iberos veteres trajecisse, easque sedes occupasse fidem faciunt: proximi Gallis, et similes sunt: seu durante originis vi; seu, procurrentibus in diversa terris, positio cœli corporibus habitum dedit» Cf. acerca de la permanencia de los tipos de configuracion en las regiones cálidas y frias de la Tierra y de las montañas del Nuevo-Continente, mi *Relation historique*, t. I, p. 498-503; t. II, p. 572-574.

(34) Pág. 339.—Véase acerca de la raza americana en general, la magnífica obra de Samuel Jorge Morton, *Crania americana*, 1839, p. 62 86; y acerca de los cráneos traidos por Pentland del alto país de Titicaca, *Dublin Journal of medical and chemical Sciences*, t. V, 1834, p. 475; Alcides de Orbigny, *l'Homme américain considéré sous ses rapports physiologiques et moraux*, 1839, p. 221. Véase tambien *Reise in das innere von Nordamerika*, por el príncipe Maximiliano de Wied, 1839, libro tan rico en delicadas observaciones etnográficas.

(35) Pág. 339.—Rodolfo Wagner, *über Blendlinge und Bastarderzeugung*,

en sus notas á la traduccion alemana de la obra de Prichard, *Naturgeschichte des Menschengeschlechts*, t. I, p. 174-188.

(36) Pág. 340.— Prichard, t. I, p. 431; t. II, p. 363-369.

(37) Pág. 340.—Onésicrito, en Strabon, l. XV, p. 690 y 695, Casaub. Welcker (*Griechische Tragœdien*, t. III, p. 1078), piensa que los versos de Teodectes citados por Strabon pertenecian á una tragedia perdida que quizás llevaria el nombre de *Memnon*.

(38) Pág. 341.—Joh. Müller, *Physiologie des Menschen*, t. II, p. 768, 772-774.

(39) Pág. 342.—Prichard, 1.ª parte, p. 295; 3.ª parte, p. 11.

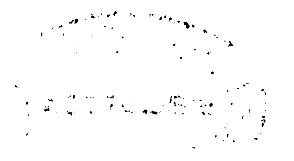
(40) Pág. 343.—La tardía llegada de los turcos y mongoles, ya sea al Oxus, ya á la estepa de los Kirghisos, está en oposicion con la opinion de Niebuhr, segun la cual los Scitas de Herodoto y de Hipócrates son Mongoles. Es mucho mas verosímil la opinion de que los Scitas (Scolotos) pertenecian á los Masagetas indo-germanos (Alanos). Los Mongoles, los verdaderos Tartaros (nombre que impropiamente se aplicó mas tarde en Rusia y Siberia á tribus puramente turcas), habitaban entonces bien lejos en el Este del Asia. xv. mi *Asie centrale*, t. I, p. 239 y 400; y *l'Examen critique de l'histoire de la Géographie*, t. II, p. 320. Un lingüista distinguido, el profesor Buschmann, recuerda que Firdusi, en el Schahnameh, que comienza por una historia semi-mítica, hace mencion de «una fortaleza de los Alanos» á orillas del mar, donde Selm, el primogénito del rey Feridoum (dos siglos ciertamente antes de Ciro), queria refugiarse. Los Kirghisos de la estepa llamada scitica, eran originariamente una poblacion finesa; hoy son verdaderamente, con sus tres hordas, el pueblo mas numeroso de todos los nómadas, y vivian ya en el siglo VI en la estepa donde yo los he visto. El Bizantino Menandro (p. 380-382, ed. de Niebuhr), cuenta positivamente que el chakan de los Turcos (Thou-Khiou), en 569, hizo el presente de una esclava kirghisa al embajador de Justino II, Zémargo; llama á esta esclava una χερχίς, y aun Aboulgasi (*Historia Mongolorum et Tatarorum*), los Kirgisos son denominados Kirkiz. La semejanza de costumbres, allá donde la naturaleza del país les imprime un carácter dominante, es prueba poco segura de la identidad de razas. La vida de las estepas produce entre los Turcos (Ti-Toukoiu), entre los Baschkirs (Fineses) entre los Kirghisos, entre los Torgod y los Dsungaros (Mongoles), los usos comunes á las tribus nómadas; el de las tiendas de fieltro, por ejemplo, trasportadas en carros y armadas cerca de los rebaños.

(41) Pág. 343.—Guillermo de Humboldt, *über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues*, en la gran obra *über die Kawi-Sprache*, *auf der Insel Java*, t. I, p. xxi, xlviii y ccxiv.

(42) Pág. 344.—La desoladora doctrina de la desigualdad del derecho á la libertad entre los hombres, y de la esclavitud como una institucion fundada en la naturaleza, se encuentra desgraciadamente desarrollada con un rigor sistemático en la *Politique* de Aristóteles, l. I, c. 3, 5, 6.

(43) Pág. 346.—Guillermo de Humboldt, *über die Kawi-Sprache*, t. III, p. 426. De la misma obra tomo las reflexiones siguientes: «Las impetuosas conquistas de Alejandro; las que los Romanos llevaron á cabo con habilidad verdaderamente política; las de los Mejicanos, tan salvajes y crueles; las despóticas reuniones de territorio de los Incas, han contribuido en ambos mundos á hacer cesar el aislamiento de los pueblos y á formar mas vastas sociedades. Almas grandes y enérgicas, naciones enteras obraban entonces bajo el imperio de una idea que en su pureza moral les era completamente estraña. El cristianismo fue el primero en proclamarla, en su verdad y caridad profunda, si bien ha necesitado mucho tiempo para hacerla aceptar. Antes no se encontraba de ella sino esparcidos acentos que preludiaban esta gran voz. Los tiempos modernos han dado nuevo vuelo á la idea de la civilizacion, y suscitado la necesidad de estender mas y mas las relaciones de los pueblos entre sí, y los beneficios de la cultura moral é intelectual. La misma avaricia empieza á comprender que tiene mucho mas que ganar siguiendo esta senda de progreso, que manteniendo por la fuerza un aislamiento retrógrado. El lenguaje mas que toda otra facultad del hombre, forma un haz de toda la especie humana. Parece al principio que separa los pueblos como los idiomas; pero justamente, la necesidad de entenderse recíprocamente en una lengua estraña, es la que reune las individualidades dejando á cada una su propia originalidad.» (*Ibid.*, p. 427).

FIN DEL TOMO PRIMERO.



INDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO.

Advertencia de los editores. v

Prefacio de Alejandro Humboldt. VII

Apuntes biográficos de Humboldt. . . . . , . XIII

Introduccion.—Consideraciones sobre los diferentes grados de goce que ofrecen el aspecto de la Naturaleza y el estudio de sus leyes. 1

— Limites y métodos de esposicion de la descripcion fisica del mundo. 39

Primera parte.—El Cielo.—Cuadro de los fenómenos celestes. . 63

Segunda parte.—La Tierra.—Cuadro de los fenómenos terrestres. 141

Tercera parte.—La vida orgánica.—Cuadro general de la vida orgánica. 327

Notas. 347

FIN DEL INDICE DEL TOMO PRIMERO.



